आधुनिक रसायन

[माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान द्वारा सैकण्डरी स्कूल परीक्षा के लिए एकमात्र स्वीकृत पुस्तक]

लेखक

डा. पी. टी. भटनागर
अध्यक्ष, विज्ञान विभाग
रीजनल कालेज, भोपाल

डा. एम. पी. भटनागर
प्राध्यापक
रीजनल कालेज, अजमेर

एम. के. गुप्ता
प्राध्यापक, विज्ञान विभाग
रीजनल कालेज, भोपाल

एन. के. श्रीमाली
प्राध्यापक
विद्याभवन, उदयपुर

[माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान के अधिकार द्वारा प्रकाशित]

विज्ञान

आमुख

बीसवीं शताब्दी में विज्ञान ने आश्चर्यजनक प्रगति की है। विज्ञान के विभिन्न विषयों की कई बुनियादी धारणाएं भी बदल गई हैं और कुल मिलाकर इन विषयों के स्वरूप में क्रांतिकारी परिवर्तन हुए हैं।

प्रगतिशील देशों में विज्ञान विषयों का शिक्षण भी विज्ञान की उन्नति के साथ-साथ बदलता रहा है परन्तु भारतवर्ष में आज भी विज्ञान का पाठ्यक्रम लगभग वही है जो 40 वर्ष पूर्व था। हमारे विश्वविद्यालयों के शिक्षण में अब विज्ञान के नवीन विचारों और विषयवस्तु का समावेश होने लगा है परन्तु हमारे स्कूलों में अब भी परिवर्तन के आसार कम ही नजर आते हैं।

कुछ वर्षों से माध्यमिक शिक्षा बोर्ड यह महसूस कर रहा था कि विज्ञान शिक्षा में परिवर्तन अत्यन्त आवश्यक है। युवकों का विज्ञान की नवीन संकल्पनाओं, विचारधाराओं से अनभिज्ञ रहना देश की वैज्ञानिक तथा तकनीकी उन्नति में बाधक होगा अतएव बोर्ड ने सब विज्ञान विषयों में नवीन पाठ्यक्रम तैयार करवा कर सन् 1970 से स्कूलों में जारी कर दिया। इस पाठ्यक्रम को सुचारु रूप से पढ़ाने के लिए शिक्षकों के प्रशिक्षण की राज्यव्यापी योजना बनाकर कार्यान्वित की जा रही है। साथ ही साथ नवीन पाठ्यक्रम पर चुने हुए योग्य विद्वानों से नई पाठ्य पुस्तकें तैयार की जा रही हैं। प्रस्तुत पुस्तक रसायन विज्ञान के नये पाठ्यक्रम पर आधारित है तथा शिक्षण पद्धतियों के अनुसार लिखी हुई है। बोर्ड डा पी डी भटनागर तथा उनके सहयोगियों का आभारी है कि उन्होंने इस पुस्तक को तैयार करने में बड़ा परिश्रम किया। आशा है सैकण्डरी कक्षाओं के विद्यार्थी इस पुस्तक की सहायता से नये पाठ्यक्रम को अच्छी तरह से समझ सकेंगे।

के एल. बोरदिया
अध्यक्ष

प्रस्ताव

अध्यापक बन्धुओं से निवेदन :

विज्ञान शिक्षा के क्षेत्र में रूस, अमेरिका व ब्रिटेन जैसे प्रगतिशील देशों में द्रुतगति से होने वाले विकसित कार्यक्रमों के अनुभवों, आलोचनाओं व भारत में राष्ट्रीय व राज्य स्तर पर किये गये विज्ञान शिक्षा के विकास के प्रयत्नों, शिक्षकों तथा पाठशालाओं की व्यावहारिक कठिनाइयों को ध्यान में रखकर इस पुस्तक को लिखा गया है।

पुस्तक में केवल रसायन के तथ्यों व सिद्धांतों का सामूहिक संकलन मात्र ही न करके इनकी खोज निकालने की वैज्ञानिक प्रक्रिया को स्पष्ट करने का विशेष प्रयत्न किया गया है। आपसे अनुरोध है कि आप विद्यार्थियों के समक्ष इसे लाने का प्रयत्न अवश्य करें। बालकों के सम्मुख रसायन का रूप पदार्थ व उसमें होने वाले परिवर्तनों को समझाने हेतु रसायनज्ञों के अनुसंधानों की प्रक्रिया व मानव के हितों के लिए उनके उपयोग के रूप में प्रस्तुत करें। हमें जहां कहीं भी बहुत अधिक तथ्यों की सूचना देनी आवश्यक हुई है वहां पर हमने इनको एक तालिका के रूप में प्रस्तुत किया है। विद्यार्थियों को यह सूचना याद करने के लिए न होकर तालिका का उपयोग करना सीखना अधिक उपयोगी होगा। स्थान-स्थान पर विषयवस्तु से सम्बन्धित अनेक प्रश्न, समस्याएं व प्रयोजनाएं प्रस्तावित की गई हैं, जिन्हें आप विद्यार्थियों की सहायता से प्रयोगशाला अथवा कक्षा में प्रस्तुत करें।

नवीं तथा दसवीं कक्षाओं का सम्पूर्ण रसायन पाठ्यक्रम उन्नीस इकाइयों में मिलकर बना है जिसे पांच मुख्य समूहों में विभाजित किया जा सकता है जिनका क्रम व सम्बन्ध वैज्ञानिक प्रक्रिया पर आधारित है व उसके चरणों को परिलक्षित करता है।

जहां तक हो सका है, प्रत्येक इकाई के विषय वस्तु का प्रस्तुतीकरण सरल से जटिल की ओर रखा गया है। रसायन संबंधी तथ्यों व सिद्धांतों का संकलन मात्र न रखकर इसमें वैज्ञानिक अनुसंधान की प्रक्रिया पर बल दिया गया है। इस प्रक्रिया को रसायन के प्रयोगों व तथ्यों की सहायता से स्पष्ट किया गया है। अनेकों शिक्षकों द्वारा दिये गये सुझाव एवं समीक्षाओं के सारों का ध्यान भी यथासंभव रखा गया है।

प्रथम इकाई में मानव की असाधारण उपलब्धियों एवं इन उपलब्धियों में विज्ञान की देन की ओर छात्रों का ध्यान आकर्षित किया गया है। तदुपरान्त प्रश्न यह उठाया गया है कि आखिर विज्ञान है क्या? विज्ञान की एक ऐसी परिभाषा का चयन किया गया है जिससे विज्ञान के विकास के मूल में अन्वेषण प्रक्रिया भी परिलक्षित हो क्योंकि विज्ञान के इतिहास में [illegible] ने इसकी पुरानी परिभाषा, कि 'विज्ञान एक सुव्यवस्थित ज्ञान का ढांचा है' को [illegible] किया है। विज्ञान की परिभाषा में अन्वेषण के वैज्ञानिक [illegible] वैज्ञानिक [illegible] के [illegible] का प्रभाव

स्तक के अन्तिम पृष्ठ तक परिलक्षित होता रहेगा । यही इस पुस्तक की नवीनता एवं आधार है । समस्त प्रस्तुत तथ्यों एव आंकड़ों को इसी दृष्टिकोण व संदर्भ मे प्रस्तुत किया गया है ।

वैज्ञानिक विधि के मुख्य चरणों को 'फ्लोजिस्टोन' सिद्धांत के विकास व निर्वासन की कहानी द्वारा स्पष्ट करने का प्रयत्न किया गया है । यह उदाहरण ही सबसे अधिक उपयुक्त इस कारण समझा गया कि इसमें वैज्ञानिक विधि के लगभग सभी पदों का समावेश है तथा इससे सबंधित आंकड़े व समस्याएं बालक सरलतापूर्वक समझ सकते है ।

इस इकाई मे साधारण पदार्थों के गुणों का अध्ययन रखने का मुख्य उद्देश्य बालकों द्वारा उनके अध्ययन से प्राप्त सूचनाओं व आंकड़ों को अनेकों वर्गों में सुव्यवस्थित करने की योग्यता का विकास करना है जो वैज्ञानिक विधि का पहला चरण है ।

द्वितीय इकाई मे पदार्थ की कणीय संरचना की परिकल्पना को प्रयोगों व तर्कों की सहायता से विकसित किया गया है । पदार्थों के भौतिक परिवर्तनों को पदार्थ की कणीय संरचना व इस पर कार्य करने वाले संसजन बल एवं ऊष्मा शक्ति की अन्त क्रिया के आधार पर समझाया गया है ।

तृतीय इकाई मे रासायनिक परिवर्तनों को कणीय रचना के संदर्भ में समझाते हुए परमाणु, अणु तथा संयोजकता जैसे शब्दों को सरल किन्तु तर्कपूर्ण युक्तियों द्वारा प्रस्तुत किया गया है ।

चतुर्थ इकाई मे रासायनिक क्रियाओं के संयोग के नियमों को पदार्थ के परमाणुओं की आकृति के आधार पर डाल्टन के प्रयत्नों के रूप मे समझाने का प्रयास किया गया है । गे-लूसैक के गैसों के आयतन के नियम का परिचय इस इकाई मे जानबूझकर इस कारण दिया गया है कि डाल्टन के सिद्धान्त की सत्यता की जाच करने के लिए उस समय के वैज्ञानिकों की स्वाभाविक जिज्ञासा के *कारण ही गैसों के संयोग के नियमों का अध्ययन हुआ ।*

पंचम इकाई में बॉयल व चार्ल्स के नियमों का वर्णन करने के स्थान पर प्रयास यह किया गया है कि पदार्थ के कणों के गतिशीलता के आधार पर ताप, दाब व मात्रा के प्रभावों का अनुमान लगाया जाय तथा ज्ञात नियमों को इन अनुमानों की सत्यता की परख के रूप मे प्रस्तुत किया जाय । यह वैज्ञानिक विधि के प्रमुख चरण 'परिकल्पना की परख' पर बल देने के लिए किया गया है ।

इकाई षष्ठ से नवम मे अणु, परमाणु एवं तुल्यांकी भारो के अध्ययन की परम्परा को न तोड़ कर भी प्रमुखता मोल अवबोध (Mole Concept) को विकसित करने पर दी गई है । रासायनिक गणनाओ को भी इसी आधार पर प्रस्तुत किया गया है । दशम इकाई इस रोचक प्रश्न के उत्तर के रूप में प्रस्तुत की गई है कि यदि सभी पदार्थ परमाणु के बने हैं तब स्वयं परमाणु किससे बने हैं ? परमाणु की विद्युत प्रकृति, उसकी इलैक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन से संरचना को स्पैक्ट्रम, रेडियो-एक्टिवता तथा गैसों में विद्युत विसर्जन द्वारा ज्ञात तथ्यों की सहायता से विकसित किया गया है। इन इकाइयों के अन्त मे एक *चित्र शृंखला में पिछले सभी अवबोधों को चित्रों व समस्याओं के रूप में रखा* गया है।

एकादश से अष्टादश इकाइयो मे तथ्यों व विवरणात्मक सामग्री अधिक होने पर भी जीवन से उनकी संबद्धता को रुचिकर प्रश्नों द्वारा मनोरंजक रूप मे प्रस्तुत किया गया है । इन तथ्यों के सारांश को दूसरी चित्र शृंखला द्वारा इस प्रकार प्रस्तुत किया गया है कि बालक इसमे तत्वों व यौगिकों के व्यवहार के मूल मे इलैक्ट्रॉनों के आदान-प्रदानों, साझे व दान की संभावना का अनुमान लगा सकें तथा वे संयोजकता के संख्या रूपी अवबोध को इलैक्ट्रॉन स्तर पर भी समझ सकें ।

रसायन एक प्रायोगिक विज्ञान

अत्यन्त प्राचीन काल से ही मनुष्य की जिज्ञासा प्रकृति की कार्य-प्रणाली, जैसे पौधों तथा जीव-जन्तुओं की उत्पत्ति और उनका विकास, ऋतु-परिवर्तन, आदि के कारण जानने की रही है। इसके मूल में, स्वयं की सुरक्षा और सुख के साधन प्राप्त करने के अतिरिक्त, उसकी स्वाभाविक अन्वेषणात्मक प्रवृत्ति है जो उसे सर्वदा प्राकृतिक वातावरण के विषय में ज्ञान प्राप्त करने के लिए प्रेरित करती रही है।

पिछली कुछ शताब्दियों में विज्ञान की खोजों के कारण मनुष्य के रहन-सहन और वातावरण में बहुत परिवर्तन हुआ है। प्राकृतिक गुफाओं या कच्चे मकानों के स्थान पर अब मनुष्य स्वयं के द्वारा बनाई सीमेंट, काच और प्लैस्टिक जैसी वस्तुओं से निर्मित भवनों में रहता है। ऋतु-परिवर्तन पर निर्भर न रहकर वह इन भवनों को अपनी इच्छानुसार वातानुकूलित कर सकता है। ग्रीष्म ऋतु में भी वह अपने ही कमरे में पहाड़ों की ठण्डी हवाओं का आनन्द ले सकता है। विभिन्न रोगों की औषधियां, खेतों की उपज बढ़ाने वाले उर्वरक, टेरिलीन जैसे कपड़े बनाने के लिए कृत्रिम रेशे, ध्वनि से भी तेज चलने वाले हवाई जहाज और राकेट, आदि उपलब्धियां विज्ञान के द्वारा ही प्राप्त हुई हैं। अब यह प्रश्न स्वाभाविक है कि विज्ञान क्या है और इसके द्वारा मनुष्य की इतनी आश्चर्यजनक प्रगति किस प्रकार सम्भव हो सकी है?

विज्ञान क्या है?

शब्दकोश के अनुसार विज्ञान शब्द का अर्थ है "प्रेक्षण पर आधारित तथ्यों और नियमों का सुव्यवस्थित ज्ञान"। अनेक विचारकों ने समय-समय पर विज्ञान की विभिन्न परिभाषाएं दी हैं। लेकिन हमारे लिए निम्नलिखित परिभाषा ही महत्वपूर्ण है :

"प्रकृति के अन्वेषण और उससे प्राप्त सुव्यवस्थित ज्ञान को विज्ञान कहते हैं।"

1.1 विज्ञान की शाखाएं

मनुष्य ने प्राकृतिक वातावरण में विभिन्न वस्तुओं को देखा और उनके सम्बन्ध में [illegible] अन्वेषण और खोज को सुविधानुसार कई शाखाओं में विभक्त कर दिया। [illegible] और [illegible]

[illegible] फिर उस शाखा को अन्य शाखाओं में बांट दिया। [illegible]

धारियों के अन्वेषण और सुव्यवस्थित ज्ञान को "जीव-विज्ञान" कहते हैं। जीव-धारियों में पौधे और जन्तु दोनों ही सम्मिलित हैं। अत जीव-विज्ञान को फिर दो शाखाओं में बाँट दिया गया है। पेड़-पौधों के अन्वेषण और सुव्यवस्थित ज्ञान को वनस्पति-विज्ञान और जीव-जन्तुओं के इसी प्रकार के ज्ञान को जन्तु-विज्ञान कहते हैं। जैसे-जैसे इन विषयों का ज्ञान और विकसित होता गया, इनको भी पुनः और शाखाओं में विभक्त करने की आवश्यकता हुई। जन्तु-विज्ञान की दो शाखाएं की गई, एक शाखा के अन्तर्गत रीढ़ वाले जन्तु और दूसरी के अन्तर्गत बिना रीढ़ वाले जन्तु रखे गए। इन शाखाओं की भी उनकी विशेषता के अनुसार उप-शाखाएँ की गई हैं। विज्ञान के सब विषयों को इसी प्रकार शाखाओं में बाँट दिया गया है जिससे उनके ज्ञान को सरलता से सुव्यवस्थित किया जा सके।

विज्ञान की निम्नलिखित मुख्य शाखाएं हैं :

(1) भौतिकी
(2) रसायन
(3) जैविकी
(4) भूविज्ञान
(5) खगोलिकी
(6) गणित

उपर्युक्त शाखाओं के अतिरिक्त विज्ञान की कुछ और भी शाखाएं हैं जिनका अध्ययन तुम उच्च कक्षाओं में करोगे।

1.2 रसायन किसे कहते हैं ?

द्रव्य की संरचना तथा उसमें होने वाले परिवर्तनों के अनुसंधान व सुव्यवस्थित ज्ञान को रसायन कहते हैं।

उपर्युक्त परिभाषा से ज्ञात होगा कि रसायन का मुख्य सम्बन्ध द्रव्य की संरचना और उसमें होने वाले परिवर्तनों के अन्वेषण और ज्ञान से है। अतः सर्वप्रथम हमें यह ज्ञात होना चाहिए कि द्रव्य क्या है और द्रव्य, वस्तु, सामग्री और पदार्थ में क्या अंतर है ?

वस्तुएं :

हम अनेक प्रकार की वस्तुओं से भली-भांति परिचित हैं। उदाहरण के लिए टेबल, कि[illegible] कपड़े, पेंसिल वस्तुएं हैं। वस्तुओं को हम उनकी विशेषताओं—जैसे बनावट, रंग, आदि—से पहचानते [illegible]

सामग्री :

(अ) क्या तुमने ध्यान दिया है कि कुर्सी की टांगें, खिड़कियों के शीशे और बोतलें [illegible] कुछ समानताएं हैं ? हम इन वस्तुओं के [illegible] हैं। ये सब वस्तुएं एक ही [illegible] बड़े छोटे-छोटे कणों से [illegible] है। एक ही प्रकार की सामग्री से बनी सब वस्तुओं [illegible] (material) [illegible] सामग्री के [illegible] हैं।

(ब) इसी प्रकार [illegible] [illegible] सामग्री एक [illegible] सामग्री है [illegible] है [illegible] है।

(ग) कई वस्तुएं एक से अधिक सामग्रियों से बनी होती हैं। उदाहरण के लिए, पेंसिल, जिससे तुम लिखते हो, लकड़ी व सीसे से बनाई जाती है, फाउन्टेन पेन बनाने में प्लास्टिक, पीतल या लोहे का उपयोग किया जाता है।

पदार्थ :

अपने निरीक्षण द्वारा हम अब यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि भिन्न-भिन्न वस्तुए एक या अनेक सामग्रियों से बनती हैं। इन सामग्रियों को हम पदार्थ (Substance) कहेंगे।

विभिन्न पदार्थों को उनकी अपनी विशेषताओं द्वारा पहचाना जाता है। अलग-अलग पदार्थों से बनी होने के अतिरिक्त हमारे चारो ओर पाई जाने वाली वस्तुएं आकार तथा रूप में भी भिन्न होती हैं। यद्यपि, पदार्थों और उनसे बनी वस्तुओं में विभिन्नताए होती हैं लेकिन सभी वस्तुओं में दो समान विशेषताए अवश्य होती है।

1. वे स्थान घेरती हैं।

2 सब में सहति होती है।

उपर्युक्त वर्णन से अब हम इस निष्कर्ष पर पहुचते है कि सब पदार्थ और वस्तुए किसी ऐसी सामग्री से बनी हैं जो स्थान घेरती है और सहति युक्त है। इसे ही हम द्रव्य कहते हैं।

सब प्रकार के पदार्थ द्रव्य के ही अनेकों रूप हैं। ये सभी वस्तुए इन्ही पदार्थों के योग से बनी है।

1.3 द्रव्य की सरचना

द्रव्य से बने पदार्थों और वस्तुओ के अनेक रूप होते हैं और उनके गुणों मे परिवर्तन हो सकता है। इस प्रकार के परिवर्तन प्रकृति या मनुष्य, दोनो ही कर सकते हैं। हम कोयले को जला सकते हैं जिससे राख प्राप्त होती है। राख के गुण कोयले से भिन्न हैं। अत यह प्रश्न उठता है कि पदार्थों के गुण भिन्न क्यों होते हैं ? इस प्रकार के प्रश्न प्रारभ से ही मनुष्य के सामने आए। इनके उत्तर प्राप्त करने की विधियां, उत्तर और उनसे प्राप्त ज्ञान का आदान-प्रदान, विचारकों की विचारधारा, उनके देश की सस्कृति और समय के अनुसार बदलते रहे।

प्राचीन काल मे वर्षा, तूफान, आग, सक्रामक रोगो जैसी घटनाओ से सबधित ज्ञान प्राकृतिक कारणों से साधारण प्रेक्षण पर ही आधारित होता था। ऐसी घटनाओं का कारण देवी-देवताओ, भूत-प्रेतों, जादू और ग्रहों, आदि का प्रभाव समझा जाता था। यद्यपि उन दिनो भी बुनने, रगने, दवाईयों, प्रसाधन-सामग्री, तांबा, सोना, चांदी, लोहा, सीसा, आदि धातुओं को साफ करने की विद्या और कौशल का विकास हो चुका था और इनमे रसायन का उपयोग भी होता था, फिर भी रसायन के ज्ञान और अध्ययन पर रहस्य, अन्धविश्वास तथा पिता से पुत्र तक ही की भावनाओ का आवरण पड़ा हुआ था।

यूरोप मे ईसा के लगभग 1500 वर्ष बाद तक रसायन (पदार्थों के गुणो और उनमे होने वाले परिवर्तनों) के समस्त ज्ञान व अध्ययन का ध्येय सोना बनाना और ऐसे [illegible] प्राप्त करना था जो

चित्र 1.1—कार्यरत कीमियागर

चित्र 1.2—कीमियागरों द्वारा प्रयोग किये जाने वाले उपकरण

लगभग 400 वर्ष पूर्व बनाया गया था 2300 वर्ष तक धूप और वर्षा में रहने पर भी स्तंभ के इस्पात में कहीं जंग नहीं लगा है। यह प्राचीन भारतीयों के धातु-कर्म का उत्कृष्ट नमूना है। यदि हमारे देश में विज्ञान-शिक्षा व अनुसंधान, वैज्ञानिकों के ज्ञान का आदान-प्रदान होता रहता तो आज धातु-कर्म की इस प्रणाली का न जाने कितना विकास हो गया होता। लेकिन पिता से पुत्र तक ही की प्रवृत्ति से शनैः शनैः यह ज्ञान लुप्त होता गया। आज भी संसार के वैज्ञानिकों के लिए इस्पात का इतना उत्कृष्ट नमूना पहेली बना हुआ है (चित्र 1.3)।

सत्रहवीं, अठारहवीं और उन्नीसवीं शताब्दी में (यह समय यूरोप का पुनर्जागरण काल माना जाता है) यूरोपीय देशों में प्रचलित मान्यताओं तथा विचारों में अपूर्व क्रान्ति हुई। उस समय की सभी मान्यताओं और ज्ञान को चुनौती दी गई। प्राकृतिक शक्तियों तथा घटनाओं के ज्ञान व अन्वेषण का आधार केवल उन्हीं तथ्यों को माना गया जिन्हें भौतिक इन्द्रियों द्वारा अनुभव किया तथा दोहराया जा सकता था। प्राकृतिक शक्तियों एवं प्रक्रियाओं को भौतिक इन्द्रिय ज्ञान द्वारा समझने की उत्सुकता प्रत्येक क्षेत्र में जाग उठी। इसके परिणाम-स्वरूप ही आज की वैज्ञानिक पद्धति और दृष्टिकोण का विकास हुआ।

1.4 वैज्ञानिक विधि क्या है?

वैज्ञानिक अन्वेषण करने के लिए कोई कड़े नियम अथवा बंधन तो नहीं होते किन्तु निरीक्षण, परीक्षण तथा प्राप्त तथ्यों की तर्कपूर्ण विवेचना का एक क्रम निरन्तर चलता रहता है। इस प्रक्रिया

के कुछ मुख्य चरण समझाने के लिए हम 'वस्तुएं क्यों जलती हैं' जैसी रोचक खोज का उदाहरण लेते हैं।

वस्तुओं के जल जाने की क्रिया ने मानव का ध्यान आदि काल से ही आकर्षित किया है। लगभग पाँच सहस्र वर्ष पूर्व भारतीय दार्शनिकों ने अग्नि को समस्त विश्व को रचने वाले पाच प्रमुख तत्त्वों में से एक माना था।

तुम में से बहुत से छात्रों ने दिल्ली में क़ुतुब मीनार के निकट लौह स्तम्भ देखा होगा। यह ईसा से लगभग 400 वर्ष पूर्व बनाया गया था। 2300 वर्ष तक धूप और वर्षा में रहने पर भी स्तंभ के इस्पात में कहीं जंग नहीं लगा है। यह प्राचीन भारतीयों के धातु-कर्म का उत्कृष्ट नमूना है। यदि हमारे देश में विज्ञान-शिक्षा व अनुसंधान, वैज्ञानिकों के ज्ञान का आदान-प्रदान होता रहता तो आज धातु-कर्म की इस प्रणाली का न जाने कितना विकास हो गया होता। लेकिन पिता से पुत्र तक ही की प्रवृत्ति से शनैः शनैः यह ज्ञान लुप्त होता गया। आज भी संसार के वैज्ञानिकों के लिए इस्पात का इतना उत्कृष्ट नमूना पहेली बना हुआ है।

चित्र 1.3—लौह स्तंभ

ईसा से 776 वर्ष पूर्व गेबर (Gebor) ने सम्भवतः ज्वालामुखी विस्फोट के समय की उपस्थिति के कारण यह धारणा प्रस्तुत की कि सभी दहनशील पदार्थ 'एक ज्वलनशील तत्त्व' गंधक के कारण जलते हैं। इसके कई सौ वर्षों पश्चात् बेकर (Becher, 1667) ने गेबर की धारणा की जांच की। उन्होंने पाया कि सभी दहनशील पदार्थों में गंधक विद्यमान नहीं थी। अतएव इन्होंने ज्वलनशील तत्त्व 'टैरापिग्विस' की कल्पना की। स्टाहल (Stahl, 1660–1784) ने दहन के लिए आवश्यक कल्पित 'ज्वलनशील तत्त्व' का नाम 'फ्लोजिस्टन' दिया। उन्होंने धातुओं को वायु में भूनने पर उनके भस्म में परिवर्तित होने को फ्लोजिस्टन का बाहर निकल जाना माना।

धातु – फ्लोजिस्टन = भस्म

इस विचार के अनुसार यह सोचना तर्क संगत था कि भस्म से पुनः धातु प्राप्त करने के लिए धातु की क्रिया फ्लोजिस्टन युक्त पदार्थ से कराई जाय।

कार्बन के सरलतापूर्वक जल सकने के कारण उसे फ्लोजिस्टन से भरपूर माना गया। भस्म को कार्बन के साथ गर्म करके धातु की प्राप्ति को सफलतापूर्वक समझाया जा सका।

भस्म (फ्लोजिस्टन रहित) + कार्बन (फ्लोजिस्टन युक्त) = धातु (फ्लोजिस्टन युक्त) + राख (फ्लोजिस्टन रहित)

इस प्रकार दहन क्रिया के स्पष्टीकरण को 'फ्लोजिस्टन सिद्धान्त' के रूप में मान्यता मिल गई। किन्तु कुछ अन्य प्रयोगों के अनुसार दहन क्रिया के लिए वायु की उपस्थिति की अनिवार्यता पाई गई।

कारण इस सिद्धान्त मे यह भी सम्मिलित कर लिया गया कि दहन क्रिया में फ्लोजिस्टन को
ण करने के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता भी होती है। इसके अतिरिक्त जे. रे (J. Rey,
60) द्वारा ज्ञात तथ्य 'धातु से भस्म बनते समय भार में वृद्धि हो जाती है' को समझने के लिए
क असम्भव सी यह कल्पना भी करनी पड़ी कि फ्लोजिस्टन का भार ऋणात्मक होता है।
इसके विपरीत यह भी ज्ञात था कि कार्बन के जलकर राख बनने पर भार में वृद्धि न होकर कमी हो
जाती है इससे एक ऐसी असगति सम्मुख आ गई कि जिसे फ्लोजिस्टन सिद्धात में कोई भी परिवर्तन
करने पर भी दूर करना संभव न रहा क्योंकि इसके लिए यह मानने के अतिरिक्त कि फ्लोजिस्टन का
भार विभिन्न पदार्थों के लिए ऋणात्मक व धनात्मक होता है, अन्य कोई भी सम्भावना न बची।
यह तनिक भी तर्क संगत नही था। दहन क्रिया के समय वायु के कार्य को भलीभांति समझने के लिए
लेवोशिये (Lavoisier, 1744) ने एक S आकार के रिटोर्ट में पारा लिया। रिटोर्ट का खुला मुख

चित्र 1.4—लेवोशिये ने देखा कि "छोटे-छोटे लाल कण पारे की सतह पर तैर रहे हैं. . . ."

एण्टोनी लारेन्ट लेवोशिये

(1743–1794–फ्रांसिसी)

यौवन काल में ही लेवोशिये ने भौतिक विज्ञान के अध्ययन हेतु, विधि विषय को त्याग दिया। उनके मात्रात्मक अध्ययनों के कारण ही उन्हें "आधुनिक रसायन विज्ञान के पिता" की संज्ञा दी गई है। "फरमे जनरेल" नामक संस्था, जो लवण, तम्बाकू एवं आयात कर शुल्क लेती थी, के सदस्य होने के कारण फ्रांस की क्रान्ति के दिनों उन्हें देश-द्रोही घोषित करके उनका वध कर दिया गया।

पारे से भरी द्रोणिका (Trough) मे डूबा हुआ था और इस पर एक प्रतिच्छादक (Bell Jar) रखा था। लेवोशिये ने द्रोणिका मे पारे के पूर्व धरातल पर चिह्न लगा दिया तथा रिटोर्ट को कोयले की अंगीठी पर क्वथनांक से कुछ कम ताप पर गर्म किया। आगे के प्रयोग का वर्णन स्वयं लेवोशिये के शब्दों मे ही सुनिये।

"पहले दिन कुछ भी नहीं हुआ—दूसरे दिन मैंने देखा कि छोटे लाल रंग के कण पारे की सतह पर तैर रहे थे। वे संख्या और आयतन में चार पांच दिनों में बढ़ गये। फिर वे बढ़ने बन्द हो गये और उसी दशा में रहे। बारह दिन के बाद यह देखकर कि पारे के निस्तापन में कोई भी वृद्धि नहीं हो रही है मैंने आग बुझा दी।"

तत्पश्चात् उन्होंने निम्नलिखित निरीक्षण अंकित किये :—

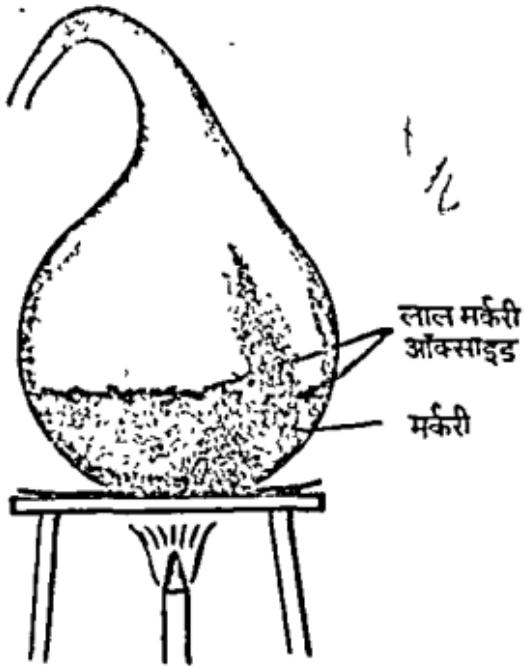
1. प्रयोग के आरम्भ में रिटोर्ट में वायु का आयतन = 50 घन इन्च
2. प्रयोग के पश्चात् रिटोर्ट में बची हुई वायु का आयतन = लगभग 42 या 43 घन इंच
3. इस बची हुई वायु के गुण—यह जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला को बुझा देती है व इस गैस में तुरन्त ही चूहे का दम घुट जाता है।
   इस बची हुई गैस का नाम उन्होंने एजोट रखा (फ्रांस में अब भी इसे एजोट ही कहते हैं)।

चित्र 1.5—पारे को गर्म करके तुम भी लेवोशियें द्वारा वर्णित छोटे-छोटे लाल कण बना सकते हो

इस प्रयोग से लेवोशिये ने निम्न निष्कर्ष निकाले—

1. रिटोर्ट की वायु का लगभग 1/6 भाग ही गर्म करने पर पारे द्वारा उपयोग करने पर लाल कण बने।
2. बची हुई वायु प्राणनाशक थी।

अब उन्होंने इन लाल कणों वाले चूर्ण को एकत्र करके दूसरे पात्र मे गर्म किया तथा निम्न निरीक्षण अंकित किये।

1. इससे लगभग 7 या 8 घन इंच गैस प्राप्त हुई। (प्रथम प्रयोग मे वायु मे से यही आयतन शोषित हुआ था।)
2. प्राप्त गैस के गुण—इसमे सुलगती हुई तीली तीव्रता से जल उठती है तथा इससे चूहे का दम नही घुटता।
   उन्होंने इसका नाम पहले 'प्राण वायु' रखा, बाद मे इसे आक्सीजन कहा।
   इन प्रयोगों के परिणामो के आधार पर दहन क्रिया के विषय मे निम्न स्पष्टीकरण प्राप्त हुए—
1. वायु मे दो भिन्न गैसें होती हैं (आक्सीजन तथा नाइट्रोजन)।
   एक तो दहन मे सहायक है तथा दूसरी दहन क्रिया को रोकती है।
2. दहन क्रिया के समय केवल आक्सीजन धातु से संयोग करती है।
   परिणामस्वरूप 'फ्लोजिस्टन, की कल्पना अनावश्यक हो गई तथा 'फ्लोजिस्टन सिद्धान्त' को उसकी असंगतियो के कारण त्याग दिया गया।

लिए ज्ञानेन्द्रियों का प्रयोग करके तुमने अपने प्रेक्षणों को सारणी के रूप में सुव्यवस्थित ढंग से अंकित किया होगा। सारणी में साधारण परीक्षणों तथा गुणों की सूची कुछ उदाहरण देते हुए दी गई है।

सारणी 1.1

परीक्षण की विधि	सम्भावित प्रेक्षण	विशेष नाम	उदाहरण
1 देखकर			
(अ) अवस्था	ठोस, द्रव, गैस		
(ब) रंग	विशेष रंग युक्त, रंगहीन		
(स) आकार	सुडौल, चमकदार व किनारेदार कण, कोई नियमित आकार नहीं	क्रिस्टलीय (Crystalline), अक्रिस्टलीय (Amorphous)	फिटकरी, चीनी, नीला थोथा, मोम, चूना, कपूर।
(द) पारदर्शता	आरपार स्पष्ट दीखता है	पारदर्शी (Transparent)	काँच, जल
	आरपार धुंधला दीखता है	पारभासक (Transluscent)	चिकनाई लगा साधारण कागज, घिसा हुआ काँच
	आरपार नहीं दीखता है	अपारदर्शी (Opaque)	पत्थर, लकड़ी
2. छूकर	कठोर, मुलायम, चिकना, खुरदरा, सूखा, गीला		
	चिपचिपा/गाढ़ा/धीरे बहने वाला	श्यान (Viscous)	तारपीन, शहद
3. सूंघकर	गन्धयुक्त (तीखी, मीठी) गन्धहीन		
4. चखकर (अध्यापक जी की सलाह लेकर क्योंकि पदार्थ विषैला हो सकता है)	स्वादयुक्त (मीठा, खट्टा) स्वादहीन		
5. हथौड़ी से पीटने पर	टुकड़े-टुकड़े हो जाता है, फैलकर चद्दर के रूप में आ जाता है	भंगुर (Brittle) आघातवर्ध्य (Malleable)	पत्थर सीसा, सोना
6. खींचने व मोड़ने पर	मुड़ जाता है किन्तु छोड़ने पर पूर्व रूप में आ जाता है	प्रत्यास्थ (Elastic)	रबड़
	मुड़ जाता है किन्तु छोड़ने पर पूर्व रूप में नहीं आता	आनम्य (Pliable)	टिन, सोना
	तार खींचे जा सकते हैं	तन्य (Ductile)	सोना, ताँबा

रीक्षण की विधि	सम्भावित प्रेक्षण	विशेष नाम	उदाहरण
7. हवा मे घुला छोड़ने पर	नीला हो जाता है	प्रस्वेद (Deliquescent)	कॉस्टिक सोडा
	सूख जाता है व सफेद परत जम जाती है	उत्फुल्ल (Efflorescent)	सोडियम कार्बोनेट
8. गर्म करने पर	पिघलता है		
	नहीं पिघलता है		
	बिना पिघले गैस बन जाता है।	ऊर्ध्वपातन (Sublimation)	नौसादर
	सनसनाहट के साथ भाप निकल कर परखनली के ऊपरी भाग पर एकत्र होती है	क्रिस्टलीय जल देता है	नीला थोथा
	विच्छेदित हो जाते हैं		
9. जलाने पर	जल जाता है	ज्वलनशील (Combustible)	
	नही जलता	अज्वलनशील (Non-combustible)	
	धुंआँ देकर जलता है		
	ज्वाला को विशेष रंग प्रदान करता है		
10. जल (अथवा अन्य द्रवों) मे घोलने पर	घुलकर अदृश्य हो जाता है	विलेय (Soluble)	नौसादर, नीला थोथा, कास्टिक सोडा
	घुलकर कुछ अदृश्य हो जाता है	आंशिक विलेय (Partially soluble)	आयोडीन
	बिलकुल नही घुलता है	अविलेय (Insoluble)	जिंक (जस्ता)
11. लिटमस पर प्रभाव	जलीय विलयन नीले को लाल बना देता है	अम्लीय (Acidic)	नमक तथा गधक का अम्ल, नौसादर,
	जलीय विलयन लाल को नीला बना देता है	क्षारीय (Alkaline)	कॉस्टिक सोडा तथा सोडियम कार्बोनेट
	जलीय विलयन पर कोई प्रभाव नही होता	उदासीन (Neutral)	नमक

परीक्षण की विधि	सम्भावित प्रेक्षण	विशेष नाम	उदाहरण
12. विद्युत प्रवाहित करने पर	ठोस अवस्था मे विद्युत परिचालन करता है	सुचालक है	जिंक, लोहा, कार्बन
	ठोस अवस्था मे विद्युत परिचालन नही करता है	कुचालक है	कपूर, आयोडीन, गधक
	जलीय अवस्था मे विद्युत परिचालन करता है	विद्युत विश्लेष्य	नमक, नौसादर, अम्ल
	जलीय विलयन अवस्था मे विद्युत परिचालन नही करता है	विद्युत अविश्लेष्य	स्प्रिट, बेंजीन

अपनी कक्षा या प्रयोगशाला मे (सुविधानुसार स्वय परीक्षण करके तथा अध्यापक जी द्वारा प्रदर्शित प्रयोगो के समय ध्यान पूर्वक निरीक्षण करके) निम्न पदार्थों के गुणो को अपनी प्रयोगशाला पुस्तिका मे सारणी 1.2 के नमूने के अनुसार अंकित करो :—

(1) सोडियम क्लोराइड (2) कॉपर सल्फेट (3) पोटाश ऐलम (4) अमोनियम क्लोराइड (5) सोडियम कार्बोनेट (6) गधक (7) फेरस सल्फेट (8) पोटैशियम नाइट्रेट तथा सारणी 1.3 मे दिये गये अन्य पदार्थ।

आयोडीन का अध्ययन

सारणी 1.2

प्रयोग	निरीक्षण	परिणाम
1. देखने से		
(1) रग	गहरा बैंगनी काला चमकदार	
(2) अवस्था	ठोस	चमकदार गहरा बैंगनी काले रग का ठोस क्रिस्टलीय पदार्थ
(3) आकार	क्रिस्टलीय	
2. छूने से	कड़ी, सूखी, उगली पर भूरा दाग बन जाता है	सूखा, कड़ा व त्वचा पर दाग डालने वाला
3. सूंघने से	विशिष्ट तीव्र सतापक गध	विशिष्ट तीक्ष्ण गन्ध
4. खरल मे कूटने पर	महीन चूर्ण बन जाता है	भगुर
5. जल मे डालने पर	नीचे बैठ जाता है और हल्का भूरा रग देता है	जल मे अल्प विलेय व जल से अधिक घनत्व
6 पोटैशियम आयोडाइड के विलयन मे डालने पर	घुल जाता है	पोटैशियम आयोडाइड के विलयन मे विलेय
7. कार्बन डाइसल्फाइड मे डालकर हिलाने से	घुल जाता है	कार्बन डाइसल्फाइड मे घुलनशील
8. परखनली मे गर्म करने पर	बिना पिघले बैंगनी गैस मे परिवर्तित हो जाता है। यह गैस परखनली के ऊपरी भाग मे पुन छोटे-छोटे मणिभो के रूप मे एकत्र हो जाती है	ऊर्ध्वपातन की क्रिया होती है

की विधि	सम्भावित प्रेक्षण	विशेष नाम	उदाहरण
हवा में खुला छोड़ने पर	गीला हो जाता है	प्रस्वेद (Deliquescent)	कॉस्टिक सोडा
	सूख जाता है व सफेद परत जम जाती है	उत्फुल्ल (Efflorescent)	सोडियम कार्बोनेट
. गर्म करने पर	पिघलता है		
	नहीं पिघलता है		
	बिना पिघले गैस बन जाता है।	ऊर्ध्वपातन (Sublimation)	नौसादर
	चटचटाहट के साथ भाप निकल कर परखनली के ऊपरी भाग पर एकत्र होती है	क्रिस्टलीय जल देता है	नीला थोथा
	विच्छेदित हो जाते हैं		
9. जलाने पर	जल जाता है	ज्वलनशील (Combustible)	
	नहीं जलता	अज्वलनशील (Non-combustible)	
	धुँआँ देकर जलता है		
	ज्वाला को विशेष रंग प्रदान करता है		
10. जल (अथवा अन्य द्रवों) में घोलने पर	घुलकर अदृश्य हो जाता है	विलेय (Soluble)	नौसादर, नीला थोथा, कास्टिक सोडा
	घुलकर कुछ अदृश्य हो जाता है	आंशिक विलेय (Partially soluble)	आयोडीन
	बिलकुल नहीं घुलता है	अविलेय (Insoluble)	जिंक (जस्ता)
11. लिटमस पर प्रभाव	जलीय विलयन नीले को लाल बना देता है	अम्लीय (Acidic)	नमक तथा गंधक का अम्ल, नौसादर,
	जलीय विलयन लाल को नीला बना देता है	क्षारीय (Alkaline)	कॉस्टिक सोडा तथा सोडियम कार्बोनेट
	जलीय विलयन पर कोई प्रभाव नहीं होता	उदासीन	[illegible]

नम्बर	पदार्थ का नाम	गुण	विशेष गुण
10.	मैगनीशियम	ठोस, श्वेत, चमकदार, कठोर, आघातवर्ध्य, तन्य, जलने पर तेज प्रकाश देता है और सफ़ेद राख रह जाती है, जलता हुआ मैंगनीशियम कार्बन डाइऑक्साइड से कार्बन को पृथक कर देता है।	
11.	नाइट्रिक अम्ल	द्रव, रंगहीन, जल में पूर्ण विलेय, गरम करने पर भूरे रंग की गैस देता है। मैगनीशियम और मैंगनीज धातुओं के साथ प्रायः नाइट्रोजन के ऑक्साइड बनाता है।	
12.	पोटैशियम परमैंगनेट	ठोस, चमकीला बैंगनी, क्रिस्टलीय, भंगुर, विलेय।	
13.	पोटैशियम नाइट्रेट	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, पारभासक, जल में विलेय, विलयन का ताप कम हो जाता है, गरम करने पर पिघलता है।	
14.	गन्धक	ठोस, हल्का पीला, क्रिस्टलीय, अपारदर्शी, कोमल, विशिष्ट गन्धयुक्त, भंगुर, गर्म करने पर पिघल जाता है और अधिक गर्म करने पर उबलने लगता है।	
15.	सोडियम कार्बोनेट	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, भंगुर, जल में विलेय, क्षारीय पदार्थ।	
16.	सोडियम क्लोराइड या साधारण नमक	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, पारभासक, कड़ा, भंगुर, जल मे विलेय, आर्द्रताग्राही।	
17.	कास्टिक सोडा	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, जल में विलेय, घुलने पर ऊष्मा पैदा करता है, त्वचा पर घाव पैदा कर देता है, हवा से कार्बन डाइऑक्साइड को सोख लेता है, जस्त, टिन, एल्यूमिनियम, आदि के साथ गरम करने पर हाइड्रोजन गैस निकलती है।	
18.	सल्फ्यूरिक अम्ल	द्रव, रंगहीन, जल के सम्पर्क में आने पर ऊष्मा उत्सर्जित होती है, तनु सल्फ्यूरिक अम्ल जस्त और मैगनीशियम के साथ हाइड्रोजन गैस देता है, सोडियम कार्बोनेट के साथ कार्बन डाइ ऑक्साइड गैस देता है जो चूने के पानी को दूधिया कर देती है।	
19.	जस्त	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, कठोर अपारदर्शी, चमकदार,	

सारणी 1.3
निरीक्षणों के परिणाम

पदार्थ का नाम	गुण	विशेष गुण
नौसादर (Ammonium Chloride)	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, गंधहीन, अपारदर्शी, खुरदरा, भंगुर, खारा, जल में विलेय, ऊर्ध्वपातीय, विद्युत विश्लेष्य, अम्लीय पदार्थ है।	
अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (Ammonium Hydroxide)	द्रव, रंगहीन, क्षारीय पदार्थ गरम करने पर अमोनिया गैस बाहर निकलती है।	
खड़िया (Calcium Carbonate)	ठोस, श्वेत, अक्रिस्टलीय, अपारदर्शी, गंधहीन, स्वादहीन, चिकना, नर्म, जल में अविलेय, पदार्थ है। अधिक गर्म करने पर कार्बन डाइऑक्साइड निकलती है।	
कपूर (Camphor)	ठोस, रंगहीन, भंगुर, सुगंधित, जल में अविलेय पदार्थ है। गरम करने से यह ऊर्ध्वपातित हो जाता है।	
नीला थोथा (Copper Sulphate)	ठोस, नीला, क्रिस्टलीय, पारभासक, गंधहीन, कड़ा, भंगुर, खुरदरा, जल में विलेय, गर्म करने से क्रिस्टलीय जल निकलता है और इसका रंग सफेद हो जाता है।	
फिटकरी (Alum)	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, कठोर, खुरदरा, गंधहीन, खट्टा स्वाद, भंगुर, पारभासक पदार्थ है। गर्म करने से इसका क्रिस्टलन जल निकल जाता है।	
हरा कसीस (Ferrous Sulphate)	ठोस, हरा, क्रिस्टलीय, पारभासक, गंधहीन, कड़ा, खुरदरा, भंगुर, जल में विलेय, अधिक गर्म करने पर इसका रंग बादामी हो जाता है।	
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (Hydrochloric Acid)	द्रव, रंगहीन, तीक्ष्ण गन्ध, अम्लीय, अमोनियम हाइड्रॉक्साइड की छड़ पास लाने पर सफेद धुआँ देता है, धातुओं से क्रिया करके हाइड्रोजन गैस देता है। सोडियम कार्बोनेट से क्रिया करके कार्बन डाइऑक्साइड देता है।	
9. आयोडीन (Iodine)	ठोस, सुरमई रंग, क्रिस्टलीय, उत्तेजक गंध, भंगुर, जल में बहुत अल्प विलेय, ऊर्ध्वपातीय पदार्थ है।	

नम्बर	पदार्थ का नाम	गुण	विशेष गुण
10	मैग्नीशियम	ठोस, श्वेत, चमकदार, कठोर, आघातवर्ध्य, तन्य, जलने पर तेज प्रकाश देता है और सफेद राख रह जाती है, जलता हुआ मैगनीशियम कार्बन डाइऑक्साइड से कार्बन को पृथक कर देता है।	
11.	नाइट्रिक अम्ल	द्रव, रंगहीन, जल में पूर्ण विलेय, गरम करने पर भूरे रंग की गैस देता है। मैगनीशियम और मैंगनीज धातुओं के साथ प्रायः नाइट्रोजन के ऑक्साइड बनाता है।	
12.	पोटैशियम परमैंगनेट	ठोस, धमकीला बैंगनी, क्रिस्टलीय, भंगुर, विलेय।	
13.	पोटैशियम नाइट्रेट	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, पारभासक, जल में विलेय, विलयन का ताप कम हो जाता है, गरम करने पर पिघलता है।	
14.	गन्धक	ठोस, हल्का पीला, क्रिस्टलीय, अपारदर्शी, कोमल, विशिष्ट गन्धयुक्त, भंगुर, गर्म करने पर पिघल जाता है और अधिक गर्म करने पर उबलने लगता है।	
15.	सोडियम कार्बोनेट	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, भंगुर, जल में विलेय, क्षारीय पदार्थ।	
16.	सोडियम क्लोराइड या साधारण नमक	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, पारभासक, कड़ा, भंगुर, जल मे विलेय, आर्द्रताग्राही।	
17.	कास्टिक सोडा	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, जल में विलेय, घुलने पर ऊष्मा पैदा करता है, त्वचा पर घाव पैदा कर देता है, हवा से कार्बन डाइऑक्साइड को सोख लेता है, जस्त, टिन, एल्यूमिनियम, आदि के साथ गरम करने पर हाइड्रोजन गैस निकलती है।	
18.	सल्फ्यूरिक अम्ल	द्रव, रंगहीन, जल के सम्पर्क में आने पर ऊष्मा उत्सर्जित होती है, तनु सल्फ्यूरिक अम्ल जस्त और मैगनीशियम के साथ हाइड्रोजन गैस देता है, सोडियम कार्बोनेट के साथ कार्बन डाइ ऑक्साइड गैस देता है जो चूने के पानी को दूधिया कर देती है।	
19.	जस्त	ठोस, श्वेत, क्रिस्टलीय, कठोर अपारदर्शी, चमकदार, भंगुर।	

नम्बर	नाम	ताप का प्रभाव: पिघलता फूलता है	उत्पातित होता है	रंग बदल जाता है	जल जाता है	धुआँ देता है	ज्वाला रंगीन हो जाती है	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1.	Alum	√	...	√	...	...	...	√	...	...	√
2.	Ammonium Chloride	...	√	...	...	...	...	√	...	...	√
3	Ammonium Hydroxide	...	...	...	...	...	...	...	√	...	√
4	Calcium Carbonate	...	...	...	...	√	√	...	√	...	√
5.	Camphor	...	√	...	√	√	√	...	...	...	...
6.	Copper Sulphate	...	...	√	...	..	√	√	.	...	√
7.	Ferrous Sulphate	...	...	√	...	...	...	√	...	...	√
8.	Hydrochloric acid	...	...	...	..	...	...	√	...	...	√
9.	Iodine	...	√	...	...	...	...	...	...	...	...
10.	Magnesium	...	...	...	√	√	...	...	...	√	...
11.	Nitric Acid	...	...	..	...	...	...	√	.	...	√
12.	Potassium Permanganate	...	...	...	...	√	√	...	...	...	√
13.	Potassium Nitrate	...	...	..	.	..	√	..	...	...	√
14.	Sulphur	√	...	...	√	...	.	...	...	...	...
15.	Sodium Carbonate	...	...	...	...	...	√	..	√	...	√
16.	Sodium Chloride	...	...	...	...	...	√	...	...	...	√
17.	Sodium Hydroxide	...	...	...	...	...	√	...	√	...	√
18.	Sulphuric Acid	...	...	...	...	...	...	√	...	...	√
19.	Zinc	√	...	...	...	...	...	...	...	√	...

सारिणी 1.4

नम्बर	नाम	रंग	बनावट क्रिस्टलीय-	अक्रिस्टलीय	अवस्था ठोस	द्रव	मुलायम चाकू से कट जाता है	[illegible]	घुलनशीलता जल में	अन्य विलायकों में	ताप उत्पन्न होता है	ठण्डा हो जाता है
1.	Alum	...	✓	...	✓	...	...	✓	✓	...	...	...
2.	Ammonium Chloride	...	✓	...	✓	...	...	...	✓	...	...	...
3.	Ammonium Hydroxide	...	...	...	...	✓	...	...	✓	...	...	...
4.	Calcium Carbonate	...	...	✓	✓	...	...	...	...	...	...	...
5.	Camphor	...	...	✓	✓	...	...	✓	...	✓	...	...
6.	Copper Sulphate	✓	✓	...	✓	...	...	✓	✓	...	...	...
7.	Ferrous Sulphate	✓	✓	...	✓	...	...	✓	✓	...	...	...
8.	Hydrochloric Acid	...	...	...	...	✓	...	...	✓	...	...	...
9.	Iodine	✓	✓	...	✓	...	...	✓	...	✓	...	...
10.	Magnesium	✓	...	...	✓	...	✓	...	...	...	...	...
11.	Nitric Acid	...	...	...	...	✓	...	...	✓	...	...	...
12.	Potassium Permanganate	✓	✓	...	✓	...	...	...	✓	...	...	...
13.	Potassium Nitrate	...	✓	...	✓	...	...	✓	✓	...	...	✓
14.	Sulphur	✓	✓	...	✓	...	✓	...	...	✓	...	...
15.	Sodium Carbonate	...	...	✓	✓	...	...	...	✓	...	✓	...
16.	Sodium Chloride	...	✓	...	✓	...	...	✓	✓	...	...	...
17.	Sodium Hydroxide	...	✓	...	✓	...	...	...	✓	...	✓	...
18.	Sulphuric Acid	...	...	...	...	✓	...	...	✓	...	...	...
19.	Zinc	✓	...	✓	✓	...	...	✓	...	...	...	...

1.7 सारणी 1.3 में वर्णित पदार्थों के गुणों से संबंधित जानकारी तथ्यों के मूल रूप है, यद्यपि इनको व्यवस्थित रूप में रखने के लिए अंग्रेजी वर्णक्रम में इनके नामों को तथा सारणी 1.4 में वर्णित पदार्थों के क्रम में इनके गुणों को क्रमबद्ध किया है। हम अब वैज्ञानिक विधि के दूसरे चरण को ध्यान में रखकर (जिसके अनुसार उपलब्ध जानकारी को गुणवर्गित किया जाता है तथा नियमितताओं को ढूंढा जाता है) गुणों के आधार पर वर्गीकरण करेंगे।

1 उपलब्ध जानकारी को गुणवर्गित करने के लिए समानताओं के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है। इसके लिए हम अवस्था, ताप के प्रभाव, आदि गुणों को चुन सकते हैं जैसे ऊर्ध्वपाती वर्गों के अन्तर्गत आयोडीन, कपूर।

अभ्यास—सारणी 1.3 के आधार पर क्षार, अम्लों व अन्य पदार्थों की सूची बनाइये।

2 सारणी 1.3 की सहायता से पदार्थों के व्यवहार में नियमितताएँ तथा संबंध ढूंढ कर सामान्यीकरण (Generalization) करने के लिए हम कुछ उदाहरण लेते हैं। हम देखते हैं कि इस सारणी में दिये सभी पदार्थ जो नीले लिटमस को लाल कर देते हैं (अर्थात् अम्लीय हैं) द्रव अवस्था में हैं। हम यह कह सकते हैं कि उपलब्ध जानकारी के अनुसार अम्लीय पदार्थ द्रव अवस्था में रहते हैं। इसी प्रकार हम देखते हैं कि सारणी में अंकित सभी क्रिस्टलीय पदार्थ भंगुर हैं। अतएव हम यह कह सकते हैं कि 'क्रिस्टलीय पदार्थ भंगुर होते हैं'। उपरोक्त उदाहरण केवल सामान्यीकरण करने की विधि दर्शाते हैं। वैज्ञानिक सामान्यीकरण पर पहुँचने के लिए बहुत अधिक सावधानी रखते हैं तथा अनेकों उदाहरणों की बारम्बार जाँच-परख करते हुए निर्णय तब तक स्थगित रखते हैं जब तक कि पूर्णतया संतोषप्रद तथा पर्याप्त संख्या में सूचनाएँ उपलब्ध न हो जाए। (वैज्ञानिक कार्य पद्धति के इस पक्ष को 'आस्थगित निर्णय' कहा जाता है।)

अभ्यास—सारणी 1.3 में उपलब्ध जानकारी के आधार पर निम्न सामान्यीकरणों में से त्रुटियुक्त सामान्यीकरण छांटिये तथा अपने चुनाव का कारण दीजिये।

1. द्रव अवस्था मे पदार्थ अम्लीय गुण प्रदर्शित करते हैं
2. क्षारीय पदार्थ द्रव अवस्था मे मिलते हैं
3. क्षारीय पदार्थ छूने मे साबुन के घोल जैसे लगते हैं
4. सभी अम्लीय पदार्थ द्रव अवस्था मे मिलते हैं
5. क्रिस्टलीय पदार्थ भंगुर होते हैं
6. ऊर्ध्वपाती पदार्थ क्रिस्टलीय होते हैं।

टिप्पणी— यदि सारणी में दी गई जानकारी के अतिरिक्त कोई अन्य तथ्य आपको ज्ञात हो तो उसके संदर्भ देकर उपरोक्त सारणी के अनुसार त्रुटियुक्त प्रतीत होने वाले सामान्यीकरण की विवेचना करो (जैसे किसी ठोस अम्ल का उदाहरण ज्ञात होने पर चौथे सामान्यीकरण की जांच)।

पर लगाओ। जिस पदार्थ की परीक्षा करनी है उसे सिरों अ व ब के बीच रखो। बल्ब के जलने अथवा न जलने के अनुसार क्रमशः परिचालकता व कुचालकता का निर्णय करो।

खनिजों की पहचान व तकनीकी कार्यों के लिए सामग्रियों की कठोरता के विषय में सुनिश्चित ज्ञान की आवश्यकता है। इसके लिए दो मानक—मोह नाप व नूप् नाप—हैं जिन्हें सारणी 1.5 में अंकित किया गया है।

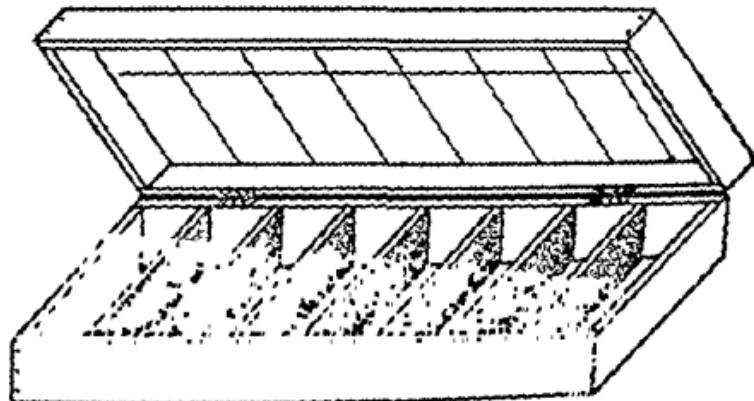
वैज्ञानिक कार्यों में हमेशा ऐसे मानकों का प्रयोग करते हैं जिनके गुण तुलनात्मक दृष्टिकोण से स्थिर हों तथा वे आसानी से प्राप्य हों। क्यों न हम अपने निरीक्षणों के लिए पदार्थों की कठोरता को जानने के लिए एक सरल उपकरण मंजूषा का निर्माण करें तथा उसमें सम्मिलित पदार्थों को मोह व नूप् के मानकों से अंशशोधित (calibrate) करलें।

कुछ सामान्यतः प्राप्त हो जाने वाले पदार्थ लो, जैसे :

(1) ताँबा, (2) काँच, (3) स्टील, (4) लोहा, (5) लेड, (6) टिन, (7) मोम, (8) स्लेट पत्थर, (9) खड़िया (10) टूटी हुई पॉलिलेन भूमिबिल का टुकड़ा, (11) सोना आदि।

सारणी 1.5

मानक	टाल्क	सीमेन्ट का पत्थर	चाँदी	जस्ता	ताँबा	निकिल	काँच	चकमक पत्थर	क्रोमियम	एल्यूमिनियम	सिलिकन कार्बाइड	हीरा
मोह नाप	1	2	–	–	–	–	–	7	–	–	–	10
नूप् नाप	–	32	62	119	163	557	530	820	935	2100	2480	7000

ज्ञात करने की सामान्य विधि खरोंच परीक्षण (Scratch Test) द्वारा इनके कड़ाई के क्रम ज्ञात करो। इसके लिए पहले कोई दो पदार्थ लेकर उनसे एक दूसरे पर लाइन डालो। अधिक

चित्र 1.7—कठोरता के क्रम से पदार्थों को रखने का डिब्बा तथा उसका विवरण

कठोर पदार्थ अपेक्षाकृत मुलायम पदार्थ पर निशान डाल सकेगा। कठोर पदार्थ पर कोई चिह्न न बन पाएगा। इनमें से एक के साथ तीसरे पदार्थ को लेकर यही क्रिया दोहराओ। इस प्रकार सभी पदार्थों को परस्पर रगड़ कर आपेक्षिक कठोरता का निर्णय करो। पेंसिल रखने का एक खाली डिब्बा या उससे मिलते-जुलते किसी डिब्बे में गत्ते की पट्टी मोड़कर छोटे खाने बनाओ तथा उनमें कठोरता के क्रमानुसार लगाओ—

काँच	हीरा	लोहा	ताँबा	टिन	सीसा	स्लेट	खड़िया	मोम

चित्र 1.5 के अनुसार अपनी उपकरण मंजूषा में नूर् व मोह नाप दण्ड की सारणी चिपका लो।

इन समस्याओं के हल ढूँढो—

तुमने जिन पदार्थों का अध्ययन किया है (सारणी 1.3) उन्हीं में से कुछ को मिला कर पीस लिया गया तथा ऐसे विभिन्न मिश्रणों को परख नलियों में लेकर उन पर नम्बर डाले गए।

परखनली 1 में चूर्ण का रंग श्वेत है — इसमें कौनसे पदार्थों के मिलने की संभावना नहीं है? इनकी सूची बनाओ तथा प्रत्येक के लिए तर्क करो।

परखनली 2 में चूर्ण का रंग पीला है — कौनसा पदार्थ इसमें मिला होना संभव है? इसे किस प्रकार अन्य पदार्थों से पृथक करने का प्रयत्न करना चाहिए?

अध्ययन प्रश्न

1. जलते समय पदार्थों की मात्रा बढ़ जाती है इस तथ्य का समाधान के लिए क्या-क्या परिकल्पनाएं की गई थीं? इनमें से कौनसी प्रयोगों की कसौटी पर खरी उतरीं? अन्य परिकल्पनाओं में क्या-क्या कमी रही?
2. फ्लोजिस्टन सिद्धान्त की मुख्य मान्यताएं क्या थीं?
3. फ्लोजिस्टन सिद्धान्त के अनुयायियों ने किस प्रकार जलने में हवा की उपस्थिति की आवश्यकता को समझाया?
4. विज्ञान पत्रिकाओं में से पढ़कर निम्न खोजों में वैज्ञानिक विधि के चरण स्पष्ट करते हुए [illegible] पत्रिका के लिए लेख लिखो:
   (1) दूध से चूहों पर किये गये प्रयोगों द्वारा विटामिन A की खोज।
   (2) [illegible] वैज्ञानिकों द्वारा किये गये प्रयोगों द्वारा [illegible] की खोज।
   (3) चावलों के उपयोग से [illegible] द्वारा विटामिन B की खोज।
   (4) मदाम क्यूरी द्वारा पिच ब्लैंड से किये गये प्रयोगों से रेडियम तत्व की खोज।
5. वैज्ञानिक विधि का दैनिक उपयोग [illegible] प्रयोग कीजिए।
6. [illegible] वैज्ञानिक [illegible] कारण है।

द्रव्य तथा उसकी आण्विक प्रकृति

प्रथम इकाई में यह निष्कर्ष निकाला गया था कि संसार की प्रत्येक वस्तु विभिन्न पदार्थों की बनी होती है। यह समस्त पदार्थ 'द्रव्य' से बने होते है। द्रव्य किसी भी रूप अथवा अवस्था में क्यों न हो उसमें दो गुण अवश्य होते है :

द्रव्य स्थान घेरता है तथा उसमें संहति होती है।

विभिन्न पदार्थों में इन गुणों के अतिरिक्त अन्य विशिष्ट गुण विद्यमान होते हैं। जैसे कुछ पदार्थों का विलयन नीले लिटमस को लाल कर देता है, कुछ पदार्थ गर्म करने पर रंगहीन हो जाते है, कुछ जल में घुल जाते हैं, कुछ अघुलनशील है, कुछ में क्रिस्टल होते है, कुछ में नहीं, आदि, आदि। (सारणी 1 4 पृष्ठ 14-15)

पदार्थों में विशिष्ट गुण होने का क्या कारण है ? इन गुणों में परिवर्तन कैसे हो जाते हैं ? हम यहां इन प्रश्नों का उत्तर प्राप्त करने के लिए वैज्ञानिक विधि अपनायेंगे अर्थात् प्रयोगों व निरीक्षणों के आधार पर पदार्थों के गुणों के कारणों का अनुमान लगाकर इनकी सत्यता की परीक्षा करेंगे।

इस इकाई में इसी विधि का उपयोग करते हुए द्रव्य की बनावट एवं उसके प्रदर्शित गुणों के कारणों को समझाने के लिए कुछ प्रयोग किये गए हैं।

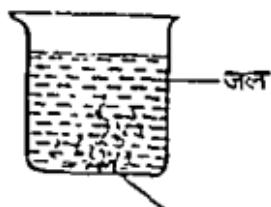
2.1 पदार्थ की रचना कैसी है ?

प्रयोग 1—एक बीकर में जल लेकर कुछ समय के लिए रखकर इसे स्थिर हो जाने दो। अब इसमें पोटैशियम परमैंगनेट के कुछ क्रिस्टल डालो। बीकर के जल तथा क्रिस्टल में होने वाले परिवर्तन अंकित करो—

अवलोकन—(1) क्रिस्टल को बीकर में डालते ही क्या परिवर्तन होता है ?

(2) समय बीतने के साथ क्रिस्टल के आकार में क्या परिवर्तन होता है ?

(3) कितने समय पश्चात् क्रिस्टल जल में अदृश्य हो जाते हैं ?

जल

पोटैशियम परमैंगनेट क्रिस्टल

चित्र 2 1—विलेय पदार्थ जल के माध्यम में फैल जाते हैं।

इस परीक्षण नली को 5 से 10% तक के अमोनियम हाइड्रॉक्साइड के घोल से भर कर बोतल उलट दो। चित्र 2.4 देखो। क्या फिनोल्फ्थेलीन के रंग में कोई परिवर्तन होता है ?

चित्र 2.4— निरंतर दिखाई देने वाले पदार्थ में भी छोटे-छोटे छेद होते हैं।

बोतल के ऊपर परीक्षण नलिका में गुलाबी रंग का बनना इस बात की ओर इंगित करता है कि फिनोल्फथेलीन को रंगीन करने वाले कुछ कण वहाँ तक पहुँच गये हैं। ये वहाँ से प्रवेश कर पाये ? इससे स्पष्ट हो जाता है कि निरन्तर दिखाई देने वाली झिल्ली में भी छोटे-छोटे छिद्र हैं जिनमें से अमोनिया के कण गुजर सकते हैं।

ये सभी परिणाम इस धारणा की पुष्टि करते हैं कि पदार्थ के कणों के मध्य रिक्त स्थान (space) होता है।

2.3 क्या पदार्थ के कण स्थिर रहते हैं ?

प्रयोग 5—लगभग 30 सेमी लम्बी काँच की नली को इसके दोनों सिरों से थोड़ा मोड़कर इसमें जल भर लो। इसे क्षैतिज अवस्था में चित्र 2.5 के अनुसार लगाओ। नली के एक ओर पोटैशियम आयोडाइड व दूसरी ओर लैड नाइट्रेट का एक-एक क्रिस्टल डालो। तुम देखोगे कि कुछ समय पश्चात्

चित्र 2.5—पदार्थों के कण निरंतर गतिशील रहते हैं।

नली के मध्य में एक पीला अवक्षेप बनने लगता है। (यह लैड आयोडाइड के कारण बनता है। यह तुम एक परखनली में पोटैशियम आयोडाइड के विलयन में लैड नाइट्रेट का विलयन डालने पर देख सकते हो।) लैड नाइट्रेट व पोटैशियम आयोडाइड के कण किस प्रकार बिना हिलाए-डुलाए नली के बीच पहुँच गए ?

लैड नाइट्रेट व पोटैशियम आयोडाइड की रासायनिक क्रिया का पृथक प्रयोग देखो।

प्रयोग 6—लगभग एक मीटर लम्बी तथा एक सेमी. व्यास की एक शुष्क नली लेकर इसके एक ओर अमोनियम हाइड्रॉक्साइड में भीगी रूई तथा दूसरी ओर सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

...ी कई ... ो। ...ी के दोनों सिरों को कार्क से बन्द कर दो। कुछ समय पश्चात् तुम देखोगे कि नली में श्वेत धूम्र का छल्ला बन गया है (चित्र 2.6)। इस नली को हिलाया नहीं है

चित्र 2.6—NH_3 तथा HCl का विसरण

...्दा सिरे भी बन्द हैं। (अमोनिया तथा सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की रासायनिक क्रिया द्वारा श्वेत धूम्र उत्पन्न होता है)। छल्ले के बनने का कारण तुम जानते हो। इन छल्लों के नली के बीच में बनने से तुम क्या परिणाम निकाल सकते हो? दोनों पदार्थों (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल व अमोनिया) के कण अवश्य ही गतिशील है।

पिछले प्रयोगों से भी तुम अनुमान कर सकते हो कि पोटैशियम आयोडाइड तथा लैड नाइट्रेट के कण नली के मध्य तक आते है। इसी प्रकार अमोनिया के सम्पर्क में न होने के उपरान्त भी फिनोल्फ्थेलीन के विलयन का रंग क्यों परिवर्तित हुआ? इसमें भी यही संकेत मिलता है कि अमोनिया के कण गतिमान है।

ऐसे अनेक प्रयोगों के आधार पर पदार्थ के कणों के निरन्तर गतिशील रहने के अनुमान की पुष्टि होती है।

क्या ठोस अवस्था में भी पदार्थ के कण गतिशील रहते हैं? हमने उपरोक्त उदाहरणों में गैसों तथा ठोस पदार्थ का द्रव माध्यम में रखकर अध्ययन किया। इस अध्ययन के आधार पर ठोस पदार्थों के विषय में भी इसी अनुमान को स्वीकार करना तुम्हें कठिन प्रतीत होगा क्योंकि तुम नित्य प्रति देखते हो कि ठोस अवस्था के पदार्थ जैसे लोहा, ताँबा, लकड़ी, आदि की वस्तुओं को वायु या जल में रखने पर भी उनके कणों के गतिशील होने का कोई संकेत नहीं मिलता। किन्तु स्वर्ण तथा सीसे की ...ियों का भली प्रकार लम्बे समय (कई वर्षों) तक दृढ़तापूर्वक निकट सम्पर्क में रखने पर यह ...ा गया कि सीसे की पत्ती में स्वर्ण के व स्वर्ण की पत्ती में सीसे के कण प्रवेश कर गये थे। ...व, इस अनुमान की अनेकों विधियों द्वारा जाँच करने के पश्चात् वैज्ञानिक यह मानते है कि ...े छोटे-छोटे कणों से बना है जो निरन्तर गतिशील रहते हैं।

उपरोक्त प्रयोगों से हम यह अनुमान भी लगा सकते हैं कि गैसों में कणों की गति तीव्र, द्रवों तथा ठोस अवस्था में अत्यन्त धीमी होती है।

...र्थ के कण चलायमान क्यों रहते हैं?

...योग 7—500 मिली आयतन वाले दो बीकर लो। एक को शीतल जल व दूसरे को ...ल से भरो। स्थिर हो जाने पर दोनों बीकरों में स्याही की एक-एक बूंद डालो। तुम देखोगे ...ल में स्याही ठण्डे जल की अपेक्षा शीघ्र फैलती है। इसी प्रकार पिछले प्रयोग में बनने

(4) बीकर के जल में क्या परिवर्तन हो जाता है ?

यदि जल के शान्त अवस्था में आने से पहले ही क्रिस्टल डालें तो उपरोक्त परिवर्तनों पर प्रभाव पड़ता है ?

तुम देखोगे कि क्रिस्टल जल के सम्पर्क में आते ही लाल रंग देना आरम्भ कर देते हैं। [illegible] सें. ताप पर लगभग दस या बारह घंटों में धीरे-धीरे छोटे होकर पूर्णतः अदृश्य हो जाते हैं।

पोटैशियम परमैंगनेट के क्रिस्टल के स्थान पर स्याही की एक दो बूंदें सावधानी से डालकर अपने निरीक्षण पहले की भांति अंकित करो।

यही प्रयोग नीले थोथे के क्रिस्टल लेकर दोहराओ।

प्रयोग 2—चित्र 22 के अनुसार स्टार्च के पत्र की एक कतरन परीक्षण नलिका के एक ओर सहारे से लगाओ। निरीक्षण नलिका में आयोडीन के एक दो क्रिस्टल डालकर कॉर्क लगाओ।

गीला स्टार्च पत्र

ठोस आयोडीन

चित्र 22—आयोडीन वायु के माध्यम में फैल जाती है।

निरीक्षण—

(1) क्या निरीक्षण नलिका में कोई रंगीन गैसीय पदार्थ उपस्थित है ?

(2) स्टार्च पत्र के रंग में क्या परिवर्तन होता है ?

(3) स्टार्च पत्र के रंग में परिवर्तन किस ओर से होना आरम्भ होता है ?

हम इन प्रयोगों से यह सामान्यीकरण करते हैं कि पदार्थ की अल्प मात्रा धीरे-धीरे जल या वायु के माध्यम में पूर्णरूप से फैल जाती है। पदार्थ की अल्प मात्रा अधिकतम स्थान में क्यों फैल जाती है ? इसके लिए द्रव्य की प्रकृति के विषय में हम दो तर्कपूर्ण अनुमान लगा सकते हैं।

प्रथम परिकल्पना—पदार्थों का द्रव्य उपयुक्त माध्यम मिलने पर रबर की तरह फैलता जाता है अतः द्रव्य सतत है।

द्वितीय परिकल्पना—पदार्थों का द्रव्य छोटे-छोटे कणों से बना होता है।

इन दोनों परिकल्पनाओं में से कौनसी परिकल्पना सत्य है, इसकी जांच करने के लिए, पहली परिकल्पना को सत्य मानकर पदार्थों के व्यवहार का अनुमान करते हैं। इसके लिए हम खिंचने वाले पदार्थ रबर का उदाहरण लेते हैं। एक साइकिल की ट्यूब में से रबर की लगभग 3 मिमी चौड़ी व 25 सेमी लम्बी पट्टी काटो। इसे खींचो। अधिक बल लगाने पर यह टूट जाती है।

यदि पदार्थ सतत होता तो इसका टूटना सम्भव नहीं होता, यह जितनी भी खींची जाती। इसी प्रकार द्रव्य के सतत होने पर हम किसी वस्तु को छोटे-छोटे टुकड़ों में न तो काटकर और न [illegible] कर ही पृथक कर पाते। हम सभी का अनुभव इसके विपरीत है। अतएव हम पदार्थ के सतत [illegible] परिकल्पना स्वीकार नहीं करते हैं।

अब इसकी परिकल्पना को लेते हैं। इसकी जाँच के लिए मशीनों में डालने वाले 'मोबिल-आइल' का उदाहरण लेते हैं। पहिये की धुरी पर एक-दो बूँद तेल डालने पर यह सम्पूर्ण धुरी पर फैल जाती है। क्या हमारा पहला तर्क पूर्ण रूप से ठीक नहीं? क्या तेल सतत है? इसे काट कर अलग करने का विचार ही हम नहीं कर सकते। हाथ में लग जाने के बाद तो इसे दूर करना बिना साबुन के असम्भव सा ही होता है। इसकी परख के लिए एक बोतल में जल लेकर उसमें तीन-चार बूँद मोबिल आइल डालो। तुम देखोगे कि यह जल के ऊपर अलग एक पतली तह के रूप में फैल जाता है। अब बोतल को झटकों के साथ कुछ देर हिलाओ। तुम देखोगे कि तेल छोटी-छोटी गोल बूँदों में टूट कर सारे जल में फैल जाता है। शान्त होने पर ये बूँदें मिलकर पुनः जल के ऊपर तेल की पृथक तह बना लेती हैं। यह प्रयोग सिर में डालने वाले तेलों से दोहराओ।

अभी तक तुमने द्रव व ठोस पदार्थों के उदाहरण लेकर द्रव्य के सतत न होने का अनुमान लगाया है। इस प्रकार का उदाहरण तुम पदार्थों की गैस अवस्था में भी ले सकते हो। एक खाली बीकर लेकर पानी से भरी द्रोणिका में उलटा दो। इसे जल के स्तर के नीचे ही धीरे-धीरे तिरछा करो। तुम देखोगे कि बीकर की वायु सतत रूप से न निकलकर बुलबुलों के रूप में बाहर आती है।

अतएव हमारी परिकल्पना कि द्रव्य छोटे-छोटे कणों से बना है, वैज्ञानिक दृष्टि से ठीक है।

2.2 क्या पदार्थ के कणों के मध्य रिक्त स्थान होता है?

प्रयोग 3—एक परीक्षण नलिका को रंगीन जल से दो-तिहाई भर लो और शेष भाग में ऐल्कोहॉल सावधानीपूर्वक भर लो। लगभग 30 सेमी लम्बी काच की ट्यूब से युक्त कॉर्क परीक्षण नलिका के मुँह पर दृढ़ता से लगाओ। नली में द्रव की सतह को अंकित करो। अब परीक्षण नलिका को दो-तीन बार उल्टो। नली में द्रव की सतह पुनः अंकित करो। तुम यह देखोगे कि द्रव की सतह कुछ नीचे गिर गई है (चित्र 2.3)। इसका क्या कारण है?

चित्र 2.3—कणों के मध्य शून्य स्थान होता है।

सम्भव है कणों के मध्य शून्य स्थान होता है तथा दूसरे पदार्थ के कण इस शून्य स्थान को ग्रहण कर लेते हैं। इसके परिणाम स्वरूप आयतन में कमी होती है। एक और प्रयोग किया जा सकता है जिससे यह स्पष्ट किया जा सके कि एक द्रव्य के टुकड़े का स्वरूप सतत दिखाई देने पर उसमें छोटे-छोटे रिक्त स्थान होते हैं।

प्रयोग 4—एक बड़ी परीक्षण नलिका को जल से भर कर उसमें फिनोल्फथेलीन की कुछ बूँदें डालो। एक पतले सेलोफेन की झिल्ली से परीक्षण नलिका का मुँह बाँध दो तथा इसकी दृढ़ता के लिए रबर के छल्लों का प्रयोग करो।

इस परीक्षण नली को 5 से 10% तक के अमोनियम हाइड्रॉक्साइड के घोल से भर कर बोतल दो। चित्र 2.4 देखो। क्या फिनॉल्फथेलीन के रंग में कोई परिवर्तन होता है ?

चित्र 2.4— निरंतर दिखाई देने वाले पदार्थ में भी छोटे-छोटे छेद होते हैं।

बोतल के ऊपर परीक्षण नलिका में गु रंग का बनना इस बात की ओर इंगित करता है फिनॉल्फथेलीन को रंगीन करने वाले कुछ कण तक पहुँच गये हैं। ये पहा मे प्रवेश कर पा इससे स्पष्ट हो जाता है कि निरन्तर दिखाई वाली झिल्ली मे भी छोटे-छोटे छिद्र हैं जिनमें अमोनिया के कण गुजर सकते हैं।

ये सभी परिणाम इस धारणा की पुष्टि क हैं कि पदार्थ के कणों के मध्य रिक्त स्थान (spac होता है।

2.3 क्या पदार्थ के कण स्थिर रहते हैं ?

प्रयोग 5—लगभग 30 सेमी लम्बी कां की नली को इसके दोनों सिरों में थोड़ा मोड़क इसमें जल भर लो। इसे क्षैतिज अवस्था में चि 2.5 के अनुसार लगाओ। नली के एक ओर पोटैशियम आयोडाइड व दूसरी ओर लैड नाइट्रेट का एक-एक क्रिस्टल डालो। तुम देखोगे कि कुछ समय पश्चात

चित्र 2.5—पदार्थों के कण निरंतर गतिशील रहते हैं।

नली के मध्य में एक पीला अवक्षेप बनने लगता है। (यह लैड आयोडाइड के कारण बनता है। यह तुम एक परखनली में पोटैशियम आयोडाइड के विलयन में लैड नाइट्रेट का विलयन डालने पर देख सकते हो।) लैड नाइट्रेट व पोटैशियम आयोडाइड के कण किस प्रकार बिना हिलाए-डुलाए नली के बीच पहुँच गए ?

लैड नाइट्रेट व पोटैशियम आयोडाइड की रासायनिक क्रिया का पृथक प्रयोग देखो।

प्रयोग 6—लगभग एक मीटर लम्बी तथा एक सेमी व्यास की एक शुष्क नली लेकर इसके एक ओर अमोनियम हाइड्रॉक्साइड में भीगी रुई तथा दूसरी ओर सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

[illegible] कुछ समय पश्चात् तुम
[illegible] (चित्र 2.6)। इस नली को हिलाना नहीं है

चित्र 2.6—NH_3 तथा HCl का विसरण

छल्ला निकट ही बनता है। (अमोनिया तथा सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की रासायनिक क्रिया द्वारा सफेद धुआँ उत्पन्न होता है)। छल्ले के बनने का कारण तुम जानते हो। इन छल्लों के नली के बीच में बनने से तुम क्या परिणाम निकाल सकते हो? दोनों पदार्थों (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल व अमोनिया) के कण अवश्य ही गतिशील हैं।

पिछले प्रयोगों से भी तुम अनुमान कर सकते हो कि पोटैशियम आयोडाइड तथा लैड नाइट्रेट के कण जल में मध्य तक आते हैं। इसी प्रकार अमोनिया के सम्पर्क में न होने के उपरान्त भी फिनोल्फ्थेलीन के विलयन का रंग क्यों परिवर्तित हुआ? इससे भी यही संकेत मिलता है कि अमोनिया के कण गतिमान हैं।

ऐसे अनेक प्रयोगों के आधार पर पदार्थ के कणों के निरन्तर गतिशील रहने के अनुमान की पुष्टि होती है।

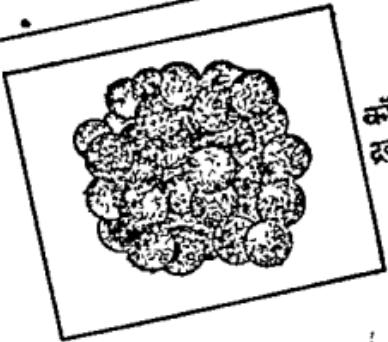
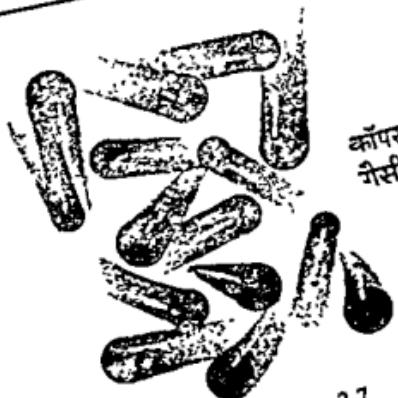
क्या ठोस अवस्था में भी पदार्थ के कण गतिशील रहते हैं? हमने उपरोक्त उदाहरणों में गैसों तथा ठोस पदार्थ का द्रव माध्यम में रखकर अध्ययन किया। इस अध्ययन के आधार पर ठोस पदार्थों के विषय में भी इसी अनुमान को स्वीकार करना तुम्हें कठिन प्रतीत होगा क्योंकि तुम नित्य प्रति देखते हो कि ठोस अवस्था के पदार्थ जैसे लोहा, तांबा, लकड़ी, आदि की वस्तुओं को वायु या जल में रखने पर भी उनके कणों के गतिशील होने का कोई संकेत नहीं मिलता। किन्तु स्वर्ण तथा सीसे की पत्तियों का भली प्रकार लम्बे समय (कई वर्षों) तक दृढ़तापूर्वक निकट सम्पर्क में रखने पर यह पाया गया कि सीसे की पत्ती में स्वर्ण के व स्वर्ण की पत्ती में सीसे के कण प्रवेश कर गये थे। अतएव, इस अनुमान की अनेकों विधियों द्वारा जाँच करने के पश्चात् वैज्ञानिक यह मानते हैं कि **पदार्थ छोटे-छोटे कणों से बना है जो निरन्तर गतिशील रहते हैं।**

उपरोक्त प्रयोगों से हम यह अनुमान भी लगा सकते हैं कि गैसों में कणों की गति तीव्र, द्रवों में धीमी तथा ठोस अवस्था में अत्यन्त धीमी होती है।

2.4 पदार्थ के कण चलायमान क्यों रहते हैं?

प्रयोग 7—500 मिली आयतन वाले दो बीकर लो। एक को शीतल जल व दूसरे को उष्ण जल से भरो। स्थिर हो जाने पर दोनों बीकरों में स्याही की एक-एक बूंद डालो। तुम देखोगे कि उष्ण जल में स्याही ठण्डे जल की अपेक्षा शीघ्र फैलती है। इसी प्रकार पिछले प्रयोग में बतवे

…के समय तथा स्थान में परिवर्तनों का ध्यानपूर्वक निरीक्षण करो। तुम देखोगे कि जिस … दिया जाता है, उसी ओर सिरे से छल्ले की दूरी बढ़ जाती है। इससे परिणाम … है कि ताप बढ़ाने से कणों की गति बढ़ जाती है। इसी प्रकार के अन्य प्रयोगों से यह … निकाला गया है कि पदार्थ के कणों की गति ताप के कारण ही होती हैं।

पदार्थ की रचना के विषय में अब हम यह कह सकते हैं कि

(1) पदार्थ छोटे-छोटे कणों से बना है,

(2) यह कण ताप के कारण निरन्तर चलायमान रहते हैं,

(3) ठोस अवस्था में इनकी गति अत्यन्त धीमी, द्रवों में धीमी तथा गैस अवस्था में तीव्र होती है (चित्र 2.7)।

कॉपर के कण
ठोस अवस्था

ठोस, द्रव व गैस पदार्थों के कणों की विभिन्न गतिशीलता के निष्कर्ष के अनुसार तुम इस प्रश्न का क्या उत्तर दोगे :—

"क्या पदार्थ के कणों की गति बदलने से उसकी अवस्था बदली ज… सकती है ?"

कॉपर के कण
द्रव अवस्था

वैज्ञानिक दृष्टिकोणों से उचि… उत्तर होगा कि—

"यह तो सम्भव होना चाहि… किन्तु ऐसा होता है या नही, इ… जाँच करने के लिए प्रयोग करके दे… चाहिए।"

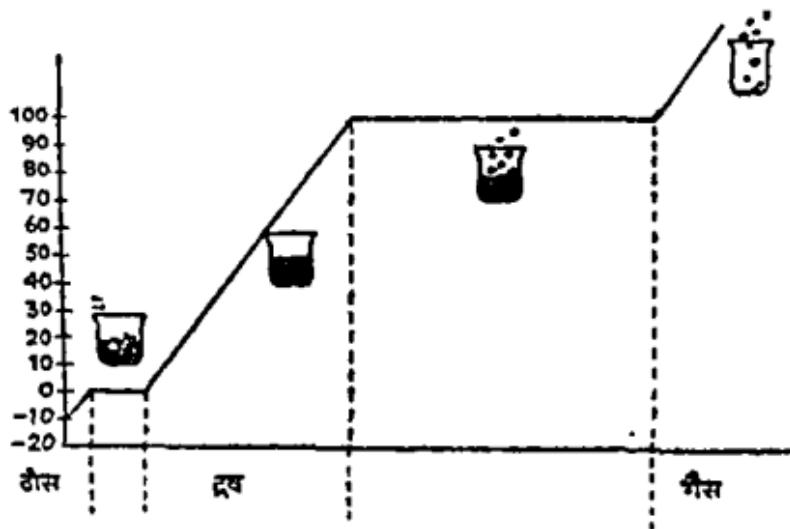
प्रयोग 8—हमें ज्ञात … कणो की गति ताप पर निर्भर है … कणों की गति बदलने के लिए … देकर देखते हैं। इसके लिए … टुकड़ो को एक बीकर में ले… से धीरे-धीरे गर्म करो। नि… निरन्तर हिलाते रहो तथा … से ताप तथा बर्फ की अवस्… में परिवर्तन अंकित करो। तुम देखोगे कि—

चित्र 2.7

(1) पहले बर्फ धीरे-धीरे पिघलती है। परिवर्तन के समय ताप में कोई परिवर्तन नहीं होता।

(2) जब बर्फ लगभग पिघल जाती है तब ताप बढ़ना प्रारम्भ होता है।

(3) अधिक ताप बढ़ने पर द्रव उबलने लगता है। उबलना प्रारम्भ होने पर ताप का बढ़ना बन्द हो जाता है।

इन परिवर्तनों को चित्र 2.8 में अंकित किया गया है।

चित्र 2.8—अवस्था परिवर्तन के समय ताप का परिवर्तन न होना

इसी प्रकार मोम व नेफ्थलीन को लेकर ताप के प्रभाव का अध्ययन करो। तुम देखोगे कि—

(1) ये पदार्थ भी ताप लेकर पहले पिघलने हैं तथा फिर उबलने लगते हैं।

(2) उबलते व पिघलते समय ताप में परिवर्तन नहीं होता।

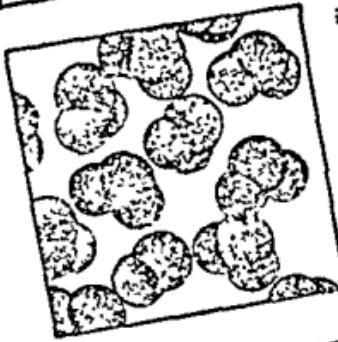
इन प्रयोगों में हम देखते हैं कि ऊष्मा देने से ताप बढ़ता है, जिसके कारण पदार्थों की अवस्था में परिवर्तन हो जाता है। हम यह भी निष्कर्ष निकाल चुके हैं कि ताप देने से कणों की गतिशीलता बढ़ जाती है। अतएव, अब हम निश्चयपूर्वक यह भी कह सकते हैं कि पदार्थ के कणों की गति में परिवर्तन करने से उसकी अवस्था परिवर्तित हो जाती है। इन निरीक्षणों से कुछ अन्य प्रश्न भी उठते हैं जैसे—

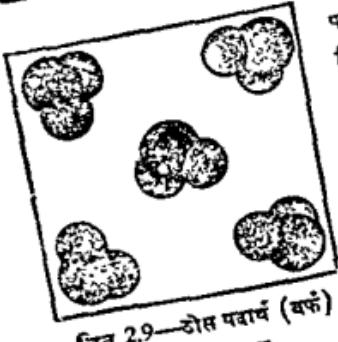
(1) कम ताप पर पदार्थ ठोस क्यों रहते हैं? ताप देने पर वे पिघलने क्यों लगते हैं?

(2) पिघलते समय ताप में परिवर्तन क्यों नहीं होता?

(3) अधिक ताप देने पर द्रव की अवस्था में भी परिवर्तन क्यों आ जाता है?

पहले प्रश्न को हम इस प्रकार भी रख सकते हैं कि कणों की गति कम रहने पर (कम ताप पर) पदार्थ ठोस क्यों रहते हैं ?

पदार्थ के इस व्यवहार को समझने के लिए इसके कणों के विषय में हम एक नया अनुमान लगाते हैं कि पदार्थ के कणों में परस्पर आकर्षण होता है जिसके कारण वे संसंजक बल (Force of Cohesion) से दृढ़तापूर्वक बँधे रहते हैं। इस परिकल्पना के आधार पर हम ठोस पदार्थों के इस व्यवहार को सरलतापूर्वक समझ सकते हैं कि उनका रूप व आकार क्यों सुनिश्चित रहता है।

इस अनुमान के अनुसार ठोस से द्रव अवस्था में परिवर्तन का कारण हम इस प्रकार समझ सकते हैं कि ताप पाकर कणों की गति बढ़ने के कारण संसंजक बल उन्हें पहले जैसी दृढ़ता से बांध कर नहीं रख पाता और वे एक निश्चित प्रबन्ध में नहीं रहते। इसके फलस्वरूप पदार्थ हमें पिघलता हुआ प्रतीत होता है। इस प्रकार द्रव का यह व्यवहार भी समझ में आ जाता है कि वह जिस पात्र में रखा जाय उसी का आकार ग्रहण कर लेता है।

अब हम पदार्थ के कणो मे पारस्परिक आकर्षण के अनुमान के आधार पर द्रव के गैस मे परिवर्तित हो जाने को इस प्रकार समझेंगे—

अधिक ताप पाने पर पदार्थ के कणो की ऊर्जा इतनी बढ़ जाती है कि वे ससजक बल के बन्धन से छूट कर स्वतन्त्र हो जाते हैं। इस कारण हमें पदार्थ द्रव अवस्था से वाष्प मे परिणत होता हुआ प्रतीत होता है। गैसों का यह व्यवहार कि वे जिस पात्र मे रखी जाए उसके समस्त आयतन मे व्याप्त हो जाती हैं, उनके कणो में स्वतन्त्रता के आधार पर भलीभाँति स्पष्ट हो जाता है (चित्र 2.9, 2.9 अ)। इस प्रकार हमारा नया तर्कसंगत अनुमान परखने पर ठीक उतरा। अब हम यह कह सकते हैं कि—

"पदार्थों की अवस्था उनके कणो के बीच संसंजक बल व उनकी ऊर्जा के आपेक्षिक परिमाण पर निर्भर है।"

चित्र 2.9—ठोस पदार्थ (बर्फ) ... ताप के प्रभाव

पिछले प्रयोगों में एक और रोचक तथ्य यह था कि पिघलने व उबलने की क्रियाएँ एक निश्चित ताप पर होती हैं। तुमने देखा कि ये ताप विभिन्न पदार्थों के लिए विभिन्न हैं।

सारणी 2.1

पदार्थ	पिघलने का ताप (गलनांक)	उबलने का ताप (क्वथनांक)
बर्फ	0°C	100°C
मोम	53°C	—
नैफ्थलीन	80°C	218°C

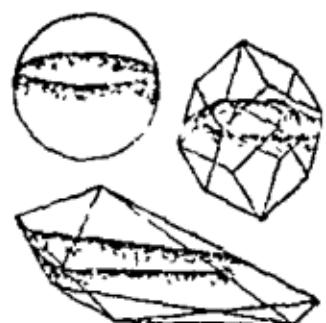
अवस्था परिवर्तन के अध्ययन के उपरोक्त प्रयोगों की भाँति वाष्प से द्रव, द्रव से ठोस अवस्था में परिवर्तनों का अध्ययन भी करो। अपने निरीक्षणों को पदार्थ के कणों की गतिशीलता व संयोजक बल की परिकल्पना के आधार पर समझाओ।

2.5 क्या सभी पदार्थों के गलनांक व क्वथनांक निश्चित होते हैं ?

पिछले प्रयोगों द्वारा निरीक्षणों से यह संकेत तो मिलता है कि पदार्थों का अवस्था परिवर्तन निश्चित ताप पर होता है किन्तु क्या यह सभी पदार्थों के लिए सत्य है ? इसकी जाँच करने के लिए हमें बहुत से पदार्थों की अवस्था परिवर्तन का अध्ययन करना चाहिए। वैज्ञानिकों ने इस प्रकार के अध्ययन के परिणामस्वरूप यह पाया कि शुद्ध पदार्थों के गलनांक व क्वथनांक निश्चित होते हैं।

प्रयोगशाला में पदार्थों के द्रवणांक कैसे निकालते हैं ?

प्रयोग 9—पिछले प्रयोगों में तुमने देखा कि अवस्था परिवर्तन का अध्ययन करने में तुम्हें अधिक समय लगता है तथा पदार्थ भी अधिक लेना पड़ता है। प्रयोगशाला में कम समय व कम पदार्थ लेकर द्रवणांक निकालने के लिए एक ओर से बन्द केशिका नली में पदार्थ लेकर एक थर्मामीटर की

ठोस अपना आकार नहीं बदलते

द्रव बर्तन का आकार ले लेते हैं

गैस किसी भी आयतन में फैल जाती है

चित्र 2.9 (अ)

निकट रबर या धागे से बाँध देते हैं। इसे बीकर में लिये गये द्रव में चित्र 2.10 के अनुसार लटकाते हैं। बीकर में ऐसा द्रव लेते हैं जिसका क्वथनांक केशनली में लिये पदार्थ से पर्याप्त ऊँचा हो। बर्नर से धीरे-धीरे ऊष्मा देते हैं तथा विलोडक द्वारा द्रव को हिलाते रहते हैं। केशनली में रखे द्रव का पिघलना आरंभ होने पर थर्मामीटर में ताप पढ़कर पदार्थ का द्रवणांक ज्ञात कर लेते हैं।

इसके लिए थील नली का उपयोग करने से धीमे-धीमे ऊष्मा देने व विलोडन की क्रिया सरलतापूर्वक अपने आप हो जाती है जैसा चित्र 2.10 में दर्शाया गया है।

केशनली

थीलनली

चित्र 2.10—केशनली द्वारा गलनांक निकालना : थील नली का उपयोग

2.6 प्रयोगशाला में क्वथनांक ज्ञात करने की विधि

प्रयोग 10—(1) एक कठोर काँच की नली में 10 मिली. के लगभग द्रव लेकर एक दो छिद्रों वाली डाट लगाते हैं। एक छिद्र से थर्मामीटर व दूसरे में मुड़ी हुई नली लगाकर सावधानी से द्रव को गर्म करते हैं तथा नली को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। द्रव का उबलना आरम्भ होने पर थर्मामीटर में ताप स्थिर हो जाता है। यह ताप ही द्रव का क्वथनांक होता है।

(2) यदि कम मात्रा में द्रव उपलब्ध हो तो एक ज्वलन नली में द्रव लेते हैं। केशनली लेकर उसका एक सिरा बन्द कर देते हैं तथा खुले सिरे की ओर से इसे ज्वलन नली में लिये द्रव में डाल देते हैं। अब ज्वलन नली को थर्मामीटर के साथ चित्र 2.11 के अनुसार धागे या रबर से बाँधकर एक बीकर में लटका देते हैं (बीकर में ऐसा द्रव लेते हैं जिसका क्वथनांक ज्वलन नली में लिये गये द्रव से अधिक हो)। अब बीकर को गर्म करते हैं व विलोडक की सहायता से द्रव को हिलाते रहते हैं। क्वथनांक के निकट आने पर केशनली के खुले सिरे से बुलबुले उठने लगते हैं। क्वथनांक आने पर बुलबुले शीघ्रता पूर्वक उठने लगते हैं। अब गर्म करना बन्द

केश नली का बन्द सिरा

ज्वलन नली

द्रव

केश नली का खुला सिरा

चित्र 2.11—केश नली की सहायता से द्रव का क्वथनांक ज्ञात करना

कर दिया जाता है व थर्मामीटर के द्रव का क्वथनांक पढ़ लिया जाता है। पहले की भाँति क्वथनांक ज्ञात करने के लिए भी थोल नली का उपयोग करने में विलोडन व धीरे-धीरे ऊष्मा देने की क्रिया हो जाती है।

अनेकों द्रवों के क्वथनांक व ठोसों के गलनांक सारणी 2.1 में संकलित किये गये हैं।

चित्र 2.12—कम दाब पर जल का क्वथनांक कम हो जाता है

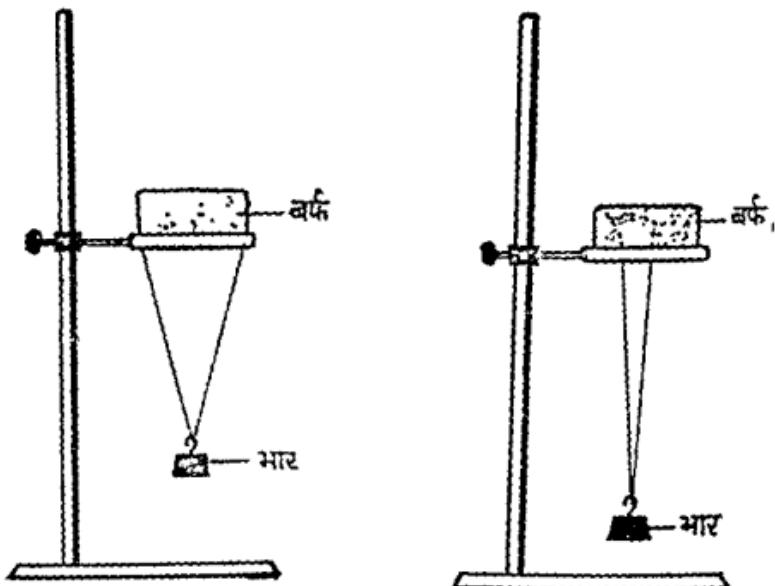
ये सभी गलनांक व क्वथनांक शुद्ध पदार्थों के होते हैं। यदि पदार्थों में अशुद्धियां होती हैं तो इनमें अन्तर आ जाता है। अशुद्धियों के कारण गलनांक घट जाते हैं तथा क्वथनांक बढ़ जाते हैं। अतएव पदार्थों की शुद्धता का निर्णय करने में क्वथनांक व गलनांक का मापन अत्यन्त सहायक होता है।

2.7 क्या क्वथनांक व गलनांक अपद्रव्यों के अतिरिक्त किसी अन्य कारक से भी प्रभावित होते हैं ?

तुमने पदार्थों के कणों में संसजक बल व उनकी गति के सन्तुलन के आधार पर पिघलना व उबलना समझा था। इन दो के अतिरिक्त एक तीसरा बल वातावरण के दाब का होता है। आओ पहले अनुमान के आधार पर विचार करते हैं। स्वतन्त्र होने के लिए संसजक बल के अतिरिक्त कणों को इस दाब का भी सामना करना पड़ता है। यदि वातावरण का दाब कम हो तो पदार्थ के कणों को कम ताप पर ही प्राप्त ऊर्जा संसजक बल के जकड़ाव से मुक्ति दिलाने में पर्याप्त होती है। इसके विपरीत दाब के अधिक होने पर तुम क्या अपेक्षा करते हो ? तब अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होगी। इस कारण अधिक ताप पर ही अवस्था परिवर्तन सम्भव होगा। प्रयोगों द्वारा इस अनुमान की पुष्टि होती है। **दाब घटाते जाने पर द्रव का क्वथनांक घट जाता है।**

प्रयोग 11—इसके लिए चित्र 2.12 के अनुसार एक फ्लास्क में जल लेकर उबालो। बर्नर हटाकर इसे कार्क से बन्द करके उल्टा कर दो। ऊपर से भीगा कपड़ा रखने पर तुम देखोगे कि यह जल उबलने लगता है। ठण्डे जल से भीगा कपड़ा रखने पर फ्लास्क के अन्दर की वाष्प संघनित हो जायेगी

है। फलस्वरूप दाब कम हो जाता है और कम ताप पर ही जल उबलने लगता है।

प्रयोग 12—इसी प्रकार दाब का प्रभाव गलनांक पर भी पड़ता है। चित्र 2.13 अनुसार रिटार्ट स्टैण्ड पर बर्फ का टुकड़ा रखकर एक तार के दोनों सिरों पर एक भारी बांधकर बर्फ के ऊपर रख दो। बर्फ पिघलती है और तार धीरे-धीरे आर-पार चला जाता है

चित्र 2.13—बर्फ के गलनांक पर दाब का प्रभाव

ज्यों-ज्यों तार नीचे की ओर जाता है बर्फ का पिघलता हुआ भाग पुनः मिलकर जम जाता है। इसका क्या कारण है?

जब बर्फ पर दाब पड़ता है तो उसका गलनांक गिरता है और 0° से पर वह पिघल जाती है। परन्तु जैसे ही तार नीचे की ओर बढ़ता है, बर्फ के ऊपरी भाग पर दाब कम होने के कारण बर्फ पुनः जम जाती है।

उपर्युक्त प्रयोग से स्पष्ट है कि दाब बढ़ाने पर गलनांक कम हो जाता है।

तुम जानते हो कि बर्फ के पिघलने पर आयतन में कमी होती है तथा दाब बढ़ाने पर भी कमी होती है। अतः जिन ठोसों का आयतन पिघलने पर कम हो जाता है उनका गलनांक दाब बढ़ाने पर कम हो जाता है, परन्तु दाब कम करने पर बढ़ जाता है।

यदि ठोसों का आयतन पिघलने पर बढ़ता है तो दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक बढ़ जाता है। जैसे मोम, सीसा, आदि।

उपर्युक्त प्रयोगों से पिघलने के बारे में निम्न नियम प्रतिपादित होते हैं।

(अ) जब कोई ठोस पिघलता है तो वह स्वयं उष्मा लेता है।

(ब) पिघलते समय ठोस का तापक्रम स्थिर रहता है।

(म) दाब स्थिर रहने पर ठोस के गलनांक मे परिवर्तन नही होता है ।

(द) वह ठोस जो पिघलने पर आयतन मे बढ़ते है, दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक बढ़ जाता है । परन्तु वह ठोस जो पिघलने पर आयतन मे कम होते है, दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक कम हो जाता है ।

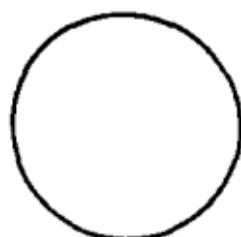
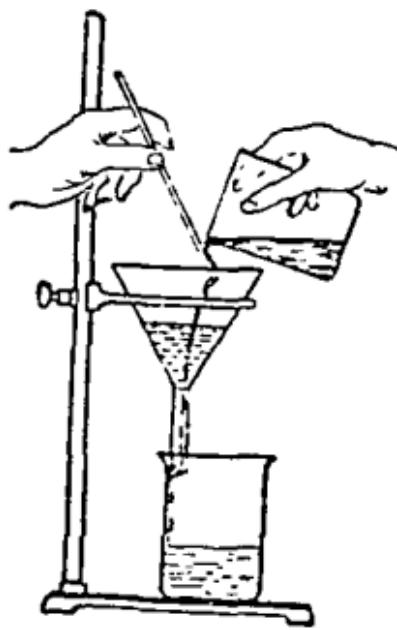
2.8 अशुद्ध पदार्थो से शुद्ध पदार्थ कैसे प्राप्त किये जाते हैं ?

तुम पिछली कक्षाओ मे पदार्थों को शुद्ध करने की अनेको विधियों का अध्ययन कर चुके हो। प्रायोगिक रसायन मे तुम इन विधियो का प्रयोग भी करोगे । यहा केवल इनकी रूपरेखा का ही वर्णन किया जा रहा है ?

1. निथारना (Decantation)

अविलेय भारी पदार्थ द्रव की तली मे बैठ जाता है । द्रव को सावधानीपूर्वक काच की छड के सहारे एक बीकर से दूसरे मे स्थानान्तरित करते है । स्पष्ट है कि इस विधि का उपयोग सीमित है ।

2. छानना (Filtration)

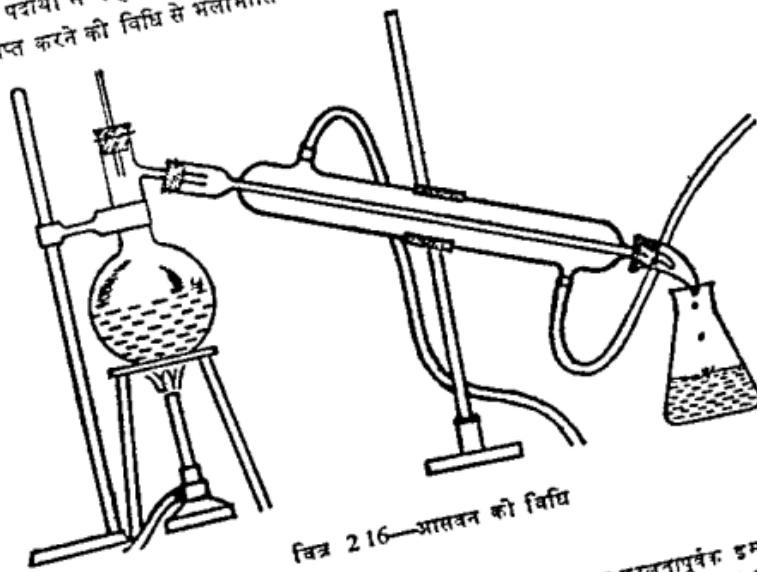
अविलेय ठोस पदार्थो को द्रव मे छानकर पृथक् करने के लिए परिस्थिति अनुसार अनेको पदार्थों का उपयोग किया जाता है । जैसे काँच की ऊन, काष्ठ चारकोल, रेत, बजरी, ईटो के टुकडो का उपयोग किया जाता है । हाल ही मे अत्यन्त सूक्ष्म रन्ध्रों वाली 'अणु छलनियों' का आविष्कार किया गया है। जिससे सागर का नमकीन जल 'छान' कर शुद्ध जल प्राप्त किया जाता है । प्रयोगशाला मे साधारणत. फिल्टर पत्र (Filter Paper) का उपयोग किया जाता है । इसे शंकु आकार मे मोडकर कीप मे लगाने का अभ्यास प्रयोगशाला मे करो । (चित्र 2.14, 2 15)

चित्र 2.14—फिल्टर पत्र मोडकर शंकु बनाना

चित्र 2.15—कीप मे लगाकर फिल्टर पत्र द्वारा छानना

टर पत्र अनेकों प्रकार के होते हैं। सूक्ष्म अवक्षेपों के मात्रात्मक विश्लेपण में प्रयुक्त किये जाने
फिल्टर पत्र को उनके रन्ध्रों के अनुसार नम्बर दिये गये हैं। छानने के पश्चात् अवक्षेपित
पृथक् करने के लिए इन फिल्टर पत्रों को जला दिया जाता है। इनकी विशिष्टता यह
क बनने वाली राख का भार नगण्य होता है और तोलने पर सीधे ही पदार्थ का भार ज्ञात
है।

पन (Evaporation)

तुम जानते हो कि वाष्पन सभी तापों पर होता रहता है, गर्म करने पर वाष्पन की गति बढ
है। प्रयोगशाला मे वाष्पन के लिए आवश्यकतानुसार जल अथवा रेत ऊष्मक उपयोग मे
जाते हैं। किसी विशेष पदार्थ के शोधन के लिए ऐसा विलायक लेकर जिसमे कि यह पदार्थ
ष रूप से विलेय हो, विलयन बनाकर फिल्टर कर लेते हैं। प्राप्त छनित भाग का वाष्पीकरण
ने पर शुद्ध पदार्थ बच रहता है।

. आमवन (Distillation)

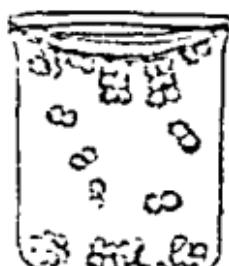
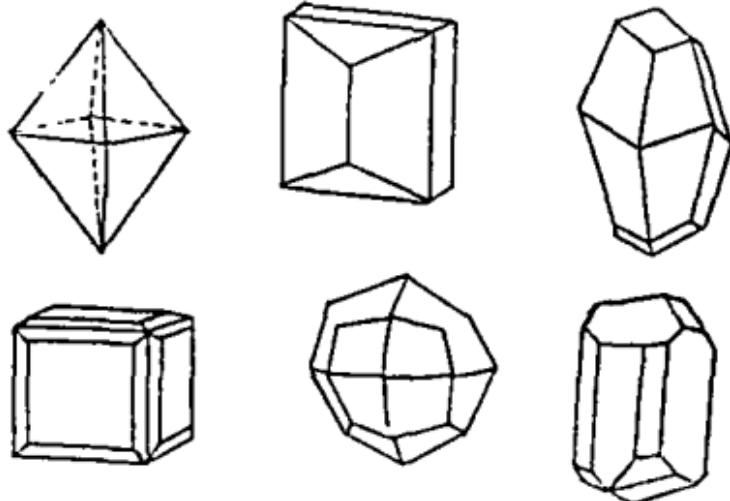
वाष्पन विधि द्वारा द्रव को वाष्पित करके उसमे घुला हुआ पदार्थ प्राप्त करते हैं। इसके
विपरीत आसवन क्रिया मे क्वथनांक ताप देकर उसकी वाष्प को संघनित करके एकत्र कर लेते हैं।
वाष्प घुलित पदार्थों से रहित होती है। अतएव, शुद्ध द्रव संघनित हो जाता है। तुम आसवन द्वारा
शुद्ध जल प्राप्त करने की विधि से भलीभांति परिचित हो। इसको चित्र 2.16 में दर्शाया गया है।

चित्र 2 16—आसवन की विधि

5. ऊर्ध्वपातन (Sublimation)

जिन पदार्थों में ऊर्ध्वपातन का गुण होता है उनका शोधन सरलतापूर्वक इस विधि द्वारा
कर सकते हैं। चित्र 2 17 मे दर्शाया गया है कि किस प्रकार केवल ऊर्ध्वपाती पदार्थ के अणु पृथक्

6 क्रिस्टलन (Crystalisation)

पदार्थ निकालने के लिए बहुधा क्रिस्टलीय पदार्थों की सूक्ष्म मात्रा को शुद्ध करना होता है। पदार्थ को ऐसे विलायक में घोल देते हैं जो सरलतापूर्वक वाष्पित किया जा सके। एक वाच ग्लास

चित्र 2.17—ऊर्ध्वपातन की क्रिया

में इसे रखकर सावधानी से जल या रेत ऊष्मक पर रखकर वाष्पन करते हैं। जब क्रिस्टल बनने लगते हैं तब ताप देना कम कर देते हैं, क्रिस्टलों व विलायक को निथार कर पृथक कर देते हैं। अधिक मात्रा में पदार्थ के शोधन के लिए बीकर अथवा बड़े पात्र में इसका अधिक ताप पर संतृप्त घोल बनाकर ठंडा होने रख देते है। इसमें केवल स्वच्छ धागा या धागे से शुद्ध पदार्थ का एक छोटा क्रिस्टल लटका देते हैं। कुछ समय पश्चात् शुद्ध पदार्थ धागे के चारो ओर बड़े क्रिस्टल के रूप में एकत्र हो जाता है तथा अपद्रव्य विलयन में घुले रह जाते हैं। कुछ क्रिस्टलों के आकार चित्र 2.18 में दर्शाये गये हैं।

चित्र 2.18—कुछ क्रिस्टलों के आकार

पुनरावलोकन

द्रव्य तीन अवस्थाओं में पाया जाता है। द्रव्य छोटे-छोटे कणों से बना होता है। यह कण
अणु कहलाते हैं। अणुओं के बीच स्थान रहता है। अणु एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। गैसीय
अवस्था मे अणुओ की गतिशीलता अधिक होने से अणु दूर-दूर रहते हैं। इसमे अंतर्आण्विक बल
का मान कम होता है। जब अणु एक दूसरे के पास रहते हैं तब अतर्आण्विक बल अधिक हो जाता
है और द्रव्य द्रव तथा ठोस अवस्था मे आ जाता है। जब अणु पास रहते है तब एक दूसरे को अधिक
बल से आकर्षित करते हैं।

ऊष्मा देने पर अणुओ की गति व अतर्आण्विक स्थान बढ जाता है। इसके फलस्वरूप द्रव्य
की अवस्था मे परिवर्तन आ जाता है। अवस्था परिवर्तन एक निश्चित तापक्रम पर होता है।

निश्चित ताप पर द्रव से गैस बनते समय बाहर से दिया गया ताप अणुओं को एक दूसरे से
अलग करने के काम आता है। इन ताप पर द्रव की वाष्पन का दबाव वायुमण्डलीय दाब से अधिक
होता है। यह तापक्रम द्रव का क्वथनाक होता है।

निश्चित मात्रा के ठोस को द्रव बनाने के लिए दिया गया ताप उतनी ही मात्रा के द्रव
को उसके क्वथनाक पर वाष्पीकृत करने के ताप से कम होता है।

द्रव्यों के क्वथनाक एव गलनाक अशुद्धियों की उपस्थिति मे परिवर्तन हो जाते हैं।

अशुद्ध पदार्थों को विभिन्न रीतियो से शुद्ध किया जाता है।

अध्ययन प्रश्न

1. किन प्रेक्षणों के आधार पर तुम यह कह सकते हो कि पदार्थ के विभिन्न कणो मे संसजन बल होता है ?
2. बर्फ मे ऊष्मा देते जाने पर वाष्पीकृत होने (उबलने) तक कौन-कौनसे परिवर्तन होते हैं ? इनको पदार्थ की कणीय रचना के आधार पर कैसे समझाओगे ?
3. पदार्थ के कणों पर मुख्यत. कौनसे दो बल कार्य करते हैं जिनके साम्य में परिवर्तन से पदार्थ की अवस्था मे परिवर्तन आ जाता है ? इन दोनो प्रकार के बलो को किस प्रकार असंतुलित किया जा सकता है ?
4. दो विभिन्न द्रव पदार्थ अ व ब दिये गये हैं। इनके क्वथनाक 80° सें. व 100° सें. है। किस पदार्थ के कणों मे ससजन बल अधिक है? स्पष्ट करो।
5. विलायक के चयन के आधार पर द्रवों के मिश्रण मे से उसके अवयवों को कैसे पृथक करोगे ?
6. प्राय: बन्द बर्तन मे जल गर्म करने से जल्दी उबलता है। इस अवस्था मे क्या नया कार[illegible] कार्य करता है ? स्पष्ट करो।
7. आजकल रसोईघर में खाना बनाने के लिए प्रेशर कुकर का उपयोग किया जाता है। यह बर्त[illegible] चारो ओर से रबर का छल्ला लगाकर धातु के भारी ढक्कन से वायुरोधक कर दिया जाता है इस प्रकार के कुकर मे जल के उबलते समय यदि एक 0° सें. से 200° सें. तक अंकित थर्म[illegible] मीटर लगा दें तो थर्मामीटर मे कितने डिग्री सें. मे कम ताप के अवलोकन की सम्भाव[illegible] ... कारण को पूर्णत स्पष्ट करो।

लीन विलयन अमोनिया के साथ गुलाबी रग देता है। एक रबर के गुब्बारे मे अमो-
। भरकर एक बडे जार मे जल भरकर जल मे फिनोल्फथेलीन डाला तो पाया कि जल
हो गया। यह सिद्ध करता है कि
अमोनिया के कण अचल हैं।
अमोनिया के कण गुब्बारे की रबर से होकर जार मे चले गये।
गुब्बारे की रबड अविरत है। ( )
अमोनिया के कण गुब्बारे के छिद्रों से बडे हैं।
) अमोनिया जल मे विलेय है।
द विलायक की अपेक्षा विलयन का क्वथनांक अधिक होता है क्योंकि
(अ) ठोस अणु ऊष्मा शोषण करते हैं।
(ब) ऊष्मा वायु मे विकिरित हो जाती है।
(स) पात्र ऊष्मा का शोषण करता है। ( )
(द) ऊष्मा से कण पास आ जाते हैं।
(इ) विलायक की गुप्त ऊष्मा होती है।

जल का हिमाक है—
(अ) 0° सें.
(ब) 4° सें. ( )
(स) 32° सें.
(द) 80° सें.
(इ) 100° सें.

2—(द) 3—(ब) 4—(अ) 5—(अ)]

पदार्थों की संरचना

यदि सभी पदार्थ कणों से बने है तब इनके गुण भिन्न क्यो होते है ? क्या इसका कारण उनके कणो की रचना व संगठन मे भिन्नता है ?

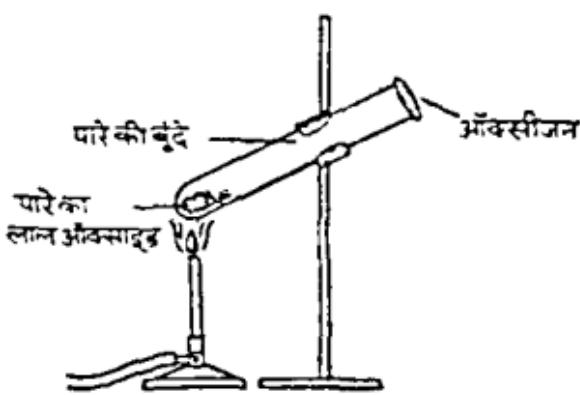
द्वितीय इकाई मे सामान्य प्रेक्षणो व प्रयोगो के आधार पर पदार्थ की कणीय प्रकृति का अनुमान लगाया गया था। पदार्थ के कण उसकी किसी भी अवस्था मे गतिमान रहते हैं तथा इनके परस्पर आकर्षण व गति पर ही पदार्थ की अवस्था निर्भर करती है। इस इकाई मे हम पदार्थों के गुणों की भिन्नता के आधार पर इनके कणो की प्रकृति के विषय मे अनुमान लगायेंगे व उनकी परीक्षा करेंगे।

3.1 पदार्थों पर ऊर्जा का प्रभाव

तुम पदार्थों की अवस्था पर तापीय ऊर्जा के प्रभाव का अध्ययन कर चुके हो। ऊर्जा के प्रभाव से पदार्थ के गुणों मे आने वाले परिवर्तनो के अध्ययन के लिए निम्न प्रयोग करो

प्रयोग 1—पारे की लाल आक्साइड पर तापीय ऊर्जा का प्रभाव

एक कठोर काच की सूखी परखनली मे 2 ग्राम पारे की लाल आक्साइड रखकर स्प्रिट दीप अथवा बुनसन बर्नर की ज्योतिहीन ज्वाला मे कुछ समय तक गर्म करो। आक्साइड मे होने वाले निम्न परिवर्तनो को अंकित करो (चित्र 3 1)

1 ऊष्मा लगाने के बाद आक्साइड का रंग रग काला पड जाता है।

चित्र 3 1—पारे के लाल आक्साइड पर तापीय ऊर्जा का प्रभाव

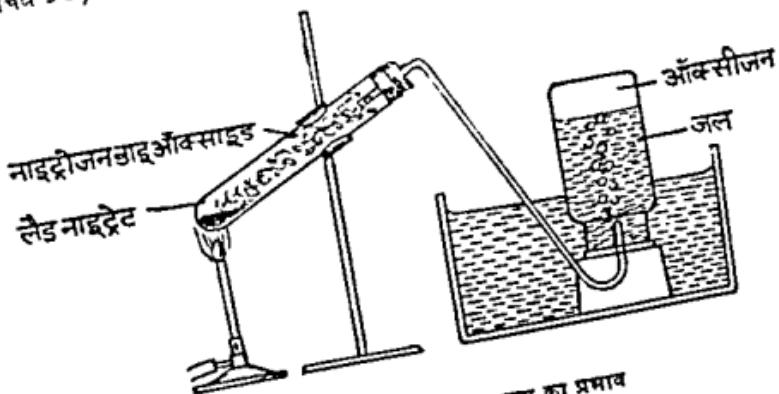
2. परखनली के मुख पर छोटी-छोटी अनेक चमकदार बूंदें एकत्र हो जाती हैं। जाच करने पर यह पारे की बूंदें सिद्ध होती हैं।

3. आक्साइड में से एक रंगहीन गैस निकल जाती है जो जाँच करने पर ऑक्सीजन सिद्ध होती है।

उपर्युक्त प्रेक्षणों का परिणाम

पारे का लाल ऑक्साइड ऊष्मा प्राप्त कर पारे व ऑक्सीजन दो भिन्न पदार्थों में विभाजित हो जाता है।

प्रयोग 2—पिसे हुए शुष्क लैड नाइट्रेट पर ताप का प्रभाव

पहले प्रयोग को पिसे हुए शुष्क लैड नाइट्रेट से दोहराओ तथा निम्न परिवर्तनों का प्रेक्षण करो (चित्र 3.2)।

चित्र 3.2—लैड नाइट्रेट पर ताप का प्रभाव

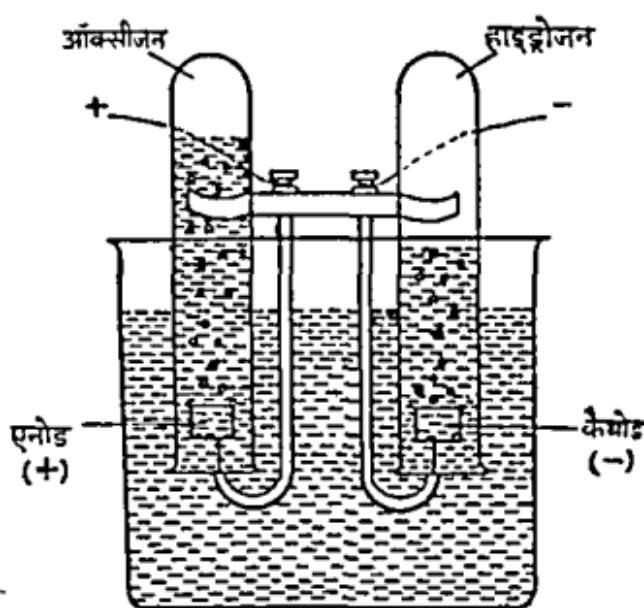
1. लैड नाइट्रेट ऊष्मा देने पर गहरे भूरे रंग की गैस उत्पन्न करता है।
2. परखनली की पेंदी में एक सूखा पदार्थ थोड़ी मात्रा में बच जाता है।
3. निकलने वाली भूरी गैस को जब पानी के भरे जार पर इकट्ठा किया जाता है तब ज्ञात होता है कि भूरे रंग की गैस जल में घुल जाती है तथा जल पर केवल एक रंगहीन गैस एकत्र हो जाती है। जाँच करने पर यह गैस ऑक्सीजन सिद्ध होती है।
4. जल में घुलनशील पदार्थ नाइट्रोजन डाइऑक्साइड तथा परखनली में शेष बचा पदार्थ लैड ऑक्साइड पाया गया।

उपर्युक्त प्रेक्षण से परिणाम

लैड नाइट्रेट जो साधारण रूप से देखने में एक ही प्रकार के कणों से बना प्रतीत होता है गर्म करने पर तीन पदार्थों में विभाजित हो जाता है। क्या नये बनने वाले तीनों पदार्थ ... ही प्रकार के कणों से बने होते हैं? प्रयोगों द्वारा वैज्ञानिकों ने यह ज्ञात किया कि ... प्रयोग में अन्य दोनों पदार्थ एक से अधिक प्रकार के कणों के

बने होते हैं। अतः ऑक्सीजन ही इन तीनो द्रव्यों मे से एक तत्त्व है तथा भूरे रंग का पदार्थ तथा शेष द्रव्य तत्त्व नही है।

प्रयोग 3—अम्लीकृत जल पर विद्युत ऊर्जा का प्रभाव

एक वोल्टमीटर को 3/4 भाग तक जल से भरकर उसमें तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की तीन-चार बूंदें मिलाकर हिलाओ (चित्र 3.3)।

चित्र 3.3—जल का वैद्युत अपघटन करने के लिए उपकरण

बैटरी द्वारा विद्युत प्रवाहित करने पर निम्न प्रेक्षण अंकित करो—

1. अम्लीकृत जल के द्वारा विद्युत चक्र पूरा होने पर प्लैटीनम के ध्रुवों पर छोटे-छोटे बुलबुले उठने लगते हैं।
2. जब बुलबुलों को प्लैटीनम तारों पर उल्टी की हुई परखनली मे एकत्र किया जाता है तब गैसों के आयतन में 2 : 1 अनुपात पाया जाता है।
3. परीक्षण करने पर कम आयतन वाली गैस ऑक्सीजन सिद्ध होती है।
4. परीक्षण करने पर दुगने आयतन मे बनने वाली गैस हाइड्रोजन सिद्ध होती है।

उपर्युक्त निरीक्षणों के निष्कर्ष

(1) जल विद्युत ऊर्जा के प्रभाव स्वरूप दो पदार्थों, ऑक्सीजन व हाइड्रोजन मे विभक्त हो जाता है।

(2) जल हाइड्रोजन व ऑक्सीजन दो भिन्न पदार्थों से मिलकर बना है। इन तीनों प्रयोगों

के परिणामों तथा संबंधित ज्ञान को सुव्यवस्थित रूप में सारणी 3.1 में क्रमबद्ध किया गया है—

सारणी 3.1

नं.	ऊर्जा का रूप	लिया गया पदार्थ	ऊर्जा का प्रभाव	अन्य सूचना	निष्कर्ष
1.	ऊष्मा	मरकरी ऑक्साइड (पारे की लाल भस्म)	पारे तथा आक्सीजन में पृथक हो जाता है।	आक्सीजन तथा पारे को किसी भी रासायनिक क्रिया द्वारा नये पदार्थों में विभक्त नही किया जा सका है।	1. कुछ पदार्थ रासायनिक क्रिया, ऊष्मा अथवा विद्युत के प्रभाव द्वारा नये पदार्थों में विभक्त किये जा सकते हैं।
2.	ऊष्मा	लैड नाइट्रेट	लैड नाइट्रेट ऑक्सीजन व नाइट्रोजन डाइऑक्साइड गैस में विभक्त हो जाता है।	1. लैड ऑक्साइड, लैड व ऑक्सीजन में विभाजित किया जा सकता है। 2. नाइट्रोजन डाइऑक्साइड नाइट्रोजन व ऑक्सीजन में विभक्त की जा सकती है।	
3.	विद्युत	जल	ऑक्सीजन व हाइड्रोजन गैस पृथक हो जाती है।	ऑक्सीजन व हाइड्रोजन को रासायनिक क्रियाओं द्वारा नये पदार्थों में विभक्त नही किया जा सकता है।	2. कुछ पदार्थ किसी भी उपरोक्त क्रिया द्वारा नये पदार्थों में विभक्त नही किये जा सकते।

3.2 तत्त्व किसे कहते हैं ?

इसी प्रकार रसायनवेत्ता वर्षों से पदार्थों पर किये गये अनेकों अध्ययनों के निष्कर्षों के आधार पर सत्रहवीं शताब्दी में ही इस सामान्यीकरण पर पहुँच चुके थे कि सभी पदार्थ दो वर्गों में रखे जा सकते हैं। एक वर्ग में वह जिन्हें किसी भी रासायनिक क्रिया द्वारा और सरल पदार्थों में विभक्त नहीं किया जा सकता, इन्हें 'तत्त्व' की संज्ञा दी गई है। तथा दूसरे वर्ग में वे पदार्थ रखे जा सकते हैं जो इन्हीं 'सरल' तत्वों के मिश्रण या यौगिकों के रूप हैं।

अनेकों पदार्थ जिन्हें इस प्रकार तत्त्व माना गया प्राचीन काल से ही ज्ञात थे जैसे लोहा, सोना,

गधक, कार्बन । ईसा के काल मे भी लगभग 9 तत्व ज्ञात थ । सत्रहवी व अठारहवी शताब्दी के अन्त तक ज्ञात तत्वो की संख्या 63 तक पहुँच गई। 1925 तक प्रकृति मे उपलब्ध लगभग 92 तत्वो की खोज की जा चुकी थी। इसके पश्चात् नाभिक क्रियाओं द्वारा प्राप्त तत्वो को लेकर अब 105 तत्व ज्ञात हैं।

3.3 तत्वों के नाम कैसे पड़े ?

सभी तत्वो के नाम समय-समय पर देवी-देवताओं, इनके मिलने के स्थान, देश, नदी, खनिज, आदि के नामो के आधार पर रखे गये हैं।

ये तथा इनके अतिरिक्त बहुधा अन्य नाम मल रूप मे लैटिन भाषा से लिये गये हैं। इनके कुछ रोचक उदाहरणो को सारणी 3.2 व 3.3 मे दिया गया है—

सारणी 3.2

तत्व का नाम व प्रतीक	नाम का मूल
मैगनीशियम Mg (Magnesium)	प्राचीन ग्रीक नगर मैगनीशिया (Magnesia)
गैलियम Ga (Gallium)	फ्रान्स देश का लैटिन नाम
फासफोरस P (Phosphorus)	प्रकाश धारण करने वाला ग्रीक देवता फासफोर (Phosphor)
पोटैशियम (कैलियम) K (Potassium) (Kalium)	काली देवी
रहेनियम Re (Rhenium)	जर्मनी देश की नदी राइन
आइन्स्टीनियम Es (Einsteinium)	वैज्ञानिक आइन्सटाइन

सारणी 3.3

तत्व का नाम	लैटिन नाम	प्रतीक
ताँबा (Copper)	Cuprum	Cu
सोना (Gold)	Aurum	Au
लोहा (Iron)	Ferrum	Fe
सीसा (Lead)	Plumbum	Pb
पोटैशियम (Potassium)	Kalium	K
पारा (Mercury)	Hydrargyrum	Hg
चाँदी (Silver)	Argentum	Ag
सोडियम (Sodium)	Natrum	Na

सर्वप्रथम बर्जीलियस ने सुविधा के लिए तत्वो के अंग्रेजी अथवा लैटिन नाम के प्रथम अक्षरों को उनके प्रतीको के रूप मे प्रयुक्त किया। आज भी यही रीति प्रचलित है। यदि दो तत्वों के नाम एक ही अक्षर से प्रारभ होते हैं तो संकेतो की भिन्नता के लिए उनके प्रथम दो अक्षरों का

जाता है। तत्वों के ये सर्वमान्य सकेत रासायनिक प्रतीक कहलाते हैं। सारणी 3.4 में
समिति से मान्यता प्राप्त सभी तत्वों के प्रतीक दिये गये हैं।

सारणी 3.4

रासायनिक तत्वों की तालिका

यम	Ac	अरबियम	Er	पारा	Hg	समेरियम	Sm
नियम	Al	यूरोपियम	Eu	मोलिब्डेनम	Mo	स्कैण्डियम	Sc
सियम	Am	फरमियम	Fm	नियोडाइमियम	Nd	सेलेनियम	Se
मनी	Sb	फ्लोरीन	F	निआन	Ne	सिलीकन	Si
न	Ar	फ्रासियम	Fr	नेप्च्यूनियम	Np	चाँदी	Ag
निक	As	गैडोलिनियम	Gd	निकल	Ni	सोडियम	Na
टैटीन	At	गैलियम	Ga	नायोबियम	Nb	स्ट्रोंशियम	Sr
रियम	Ba	जर्मेनियम	Ge	नाइट्रोजन	N	गंधक	S
र्कलियम	Bk	सोना	Au	नोबेलियम	No	टैण्टेलम	Ta
बेरीलियम	Be	हैफनियम	Hf	ओसमियम	Os	टैक्नेशियम	Tc
बिस्मथ	Bi	हीलियम	He	ऑक्सीजन	O	टैलूरियम	Te
बोरान	B	होलमियम	Ho	पैलेडियम	Pd	टरबियम	Tb
ब्रोमीन	Br	हाइड्रोजन	H	फास्फोरस	P	थैलियम	Tl
कैडमियम	Cd	इण्डियम	In	प्लैटिनम	Pt	थोरियम	Th
कैल्सियम	Ca	आयोडीन	I	प्लूटोनियम	Pu	थूलियम	Tm
कैलीफोर्नियम	Cf	इरीडियम	Ir	पोलोनियम	Po	टिन	Sr
कार्बन	C	लोहा	Fe	पोटैशियम	K	टाइटेनियम	T
सीरियम	Ce	क्रिप्टोन	Kr	प्रैसियोडाइमियम	Pr	टंगस्टन	
सीजियम	Cs	लैनथेनम	La	प्रोमिथियम	Pm	यूरेनियम	
क्लोरीन	Cl	लारेन्सियम	Lw	प्रोटैक्टीनियम	Pa	वेनेडियम	
क्रोमियम	Cr	सीसा	Pb	रेडियम	Ra	जीनान	Xe
कोबाल्ट	Co	लिथियम	Li	रेडान	Rn	इटरबियम	Yb
ताँबा	Cu	लूटीसियम	Lu	रहेनियम	Re	इट्रियम	Y
क्यूरियम	Cm	मैगनीशियम	Mg	रहेडियम	Rh	जस्त (जिंक)	Zn
डिस्प्रोसियम	Dy	मैंगनीज	Mn	रूबीडियम	Rb	जिरकोनियम	Zr
आइस्टीनियम	Es	मैंडेलीवियम	Mv	रुथेनियम	Ru		

3.4 तत्व का छोटे से छोटा भाग परमाणु

यदि किसी तत्व को छोटे-छोटे भाग में विभक्त करते-करते हम ऐसे छोटे से छोटे भाग तक
... विभाजित करना न तो साधारणतः संभव हो और न ही आगे विभाजन

के [illegible] ही लेकर यह जाना, इस निष्कर्ष से तत्व के छोटे से छोटे कण को जिनमे तत्व के सभी गुण विद्यमान हो हम परमाणु कहते है।

इस आधार पर हम सरल तत्वो के विषय मे यह निष्कर्ष निकाल सकते है कि:

किसी तत्व के सभी परमाणु गुणो मे समान होते है तथा विभिन्न तत्वो के गुण भिन्न होने के कारण इनके परमाणुओं के गुणो मे भिन्नता होती है। तत्वो के अतिरिक्त अन्य पदार्थ इन्ही सरल पदार्थों (तत्वो) के मिश्रण व यौगिक है।

अब हम तत्वों की परमाणु रचना के ज्ञान की सहायता से अन्य पदार्थों के छोटे से छोटे कणो की रचना के विषय मे तर्कयुक्त अनुमान लगाने का प्रयत्न करते हैं।

यौगिकों के वियोजन के उदाहरण मे तुम देख चुके हो कि ऊष्मा व विद्युत के प्रभाव से प्रायः जटिल पदार्थ अथवा पदार्थों का सरल पदार्थो (तत्वों) मे वियोजन हो जाता है। क्या विभिन्न प्रकार के तत्वों से मिलकर नये पदार्थ भी बनते हैं?

1. पारा तथा ऑक्सीजन—प्रथम इकाई मे फ्लोजिस्टन सिद्धान्त की जाँच करने के लिए लेवोशिये द्वारा पारे को काँच के रिटॉर्ट मे रखकर उसको लगातार 12 दिन तक गर्म करने के प्रयोग का वर्णन किया गया था। इसमे बनने वाले नये पदार्थ लाल चूर्ण (मरकरी ऑक्साइड) के गुण प्रारम्भ मे लिये पारे तथा वायु दोनो के गुणो से भिन्न पाये गये।
2. मैगनीशियम को हवा मे अधिक गर्म करने अथवा ज्वाला मे रखने से जलकर मैगनीशियम की राख (मैगनीशियम ऑक्साइड) बन जाती है।
3. कार्बन (कोयला) जलने पर कार्बन डाइऑक्साइड मे परिवर्तित हो जाता है।
4. गैस आयतन मापी नली मे, जिसके ऊपरी सिरे पर अन्दर की ओर प्लैटीनम के तार लगे हुए होते है, शुष्क हाइड्रोजन एव ऑक्सीजन का मिश्रण भरो। नली को पारे से भरे नाँद पर चित्र 3.4 मे दिखाई गई विधि के अनुसार खड़ा करो। अब प्लैटीनम के तारो के बीच एक विद्युत स्पार्क (स्फुलिंग) लगाओ। तुम देखोगे कि विद्युत स्फुलिंग के प्रभाव से दोनों गैसीय तत्त्व मिलकर जल बनाते हैं। ट्यूब मे पारे का तल कुछ उठ जाता है तथा बना हुआ जल इस पारे के तल पर एकत्र हो जाता है।
5. अनेको क्रियाशील तत्त्व बिना ऊर्जा दिये ही सयोजित हो जाते हैं जैसे फॉसफोरस वायु मे रखने पर ऑक्सीजन के साथ सयोग करके ऑक्साइड बना देता है। अतः इसे पानी मे रखा जाता है।

चित्र 3.4—गैस आयतन मापी नली से हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के मिश्रण में विद्युत स्फुलिंग लगाना

ऐसे अनेको उदाहरणो के आधार पर यह सामान्यीकरण किया गया है कि तत्त्व विभिन्न परिस्थितियों मे विद्युत, ताप अथवा बिना बाहरी ऊर्जा लिये संयोग करके नये पदार्थों को जन्म देते हैं।

[illegible] सभी पदार्थों के छोटे से छोटे कणों में एक से अधिक प्रकार के परमाणु [illegible] दो या अधिक तत्वों के परमाणुओं के संयुक्त होने पर बनते हैं। तत्वों के परमाणु भी [illegible] समूह बना लेते हैं। यह अणु (molecule) ही [illegible] इनमें सभी परमाणु एक ही प्रकार के होंगे। यहाँ कुछ तत्वों व पदार्थों के अणुओं को [illegible] में प्रदर्शित किया गया है (चित्र 3.5)। इनके रूप व गठन को निश्चित करने के लिये वैज्ञानिकों ने अनेकों वर्षों तक प्रयोगों द्वारा तथ्य व प्रमाण एकत्र किये। इन प्रयोगों व विधियों को तुम अगली कक्षाओं में पढ़ोगे।

3.6 पिछली कक्षाओं में तुम पढ़ चुके हो कि पदार्थों में होने वाले परिवर्तनों को सामान्यताओं के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है। जैसे उन परिवर्तनों को जिनमें केवल मात्र अवस्था परिवर्तन होते है, कोई नया पदार्थ नहीं बनता व मूल पदार्थ सरलता पूर्वक पूर्ण अवस्था में वापस लाया जा सकता है, हम भौतिक परिवर्तनों के वर्ग में रखते हैं।

इसी प्रकार रासायनिक परिवर्तनों के वर्ग में वे परिवर्तन रखते हैं जिनमे नये पदार्थ बनें व उनसे मूल पदार्थ सरलतापूर्वक प्राप्त न हो सकें।

तुम्हें ज्ञात है कि यदि रासायनिक क्रिया न हो तो पदार्थों को हम मनचाहे अनुपात में मिला सकते है। मिश्रण में इन मूल पदार्थों के गुण उपस्थित रहते हैं तथा उनकी आपेक्षिक मात्रा के अनुसार ही मिश्रण में इनकी प्रमुखता रहती है। गंधक का चूर्ण व लोहे की रेतन को मिलाने वाला प्रयोग तुम पहले कर चुके हो। मिश्रण का रंग लोहे के काले रंग व गंधक के पीले रंगों के बीच उनके अनुपात के अनुसार गहरे भूरे से लेकर लगभग पीले तक रहता है। मिश्रण विषमांग होते हैं तथा चुम्बकीयता, घुलनशीलता, घनत्व और भौतिक गुणों की भिन्नता के आधार पर इसके अवयव सरलतापूर्वक पृथक किये जा सकते हैं।

रासायनिक क्रिया होने पर बनने वाले पदार्थों के गुण अवयवों के गुणों से नितान्त भिन्न होते हैं तथा उनमें क्रिया करने वाले पदार्थ निश्चित अनुपात में ही संयुक्त होते हैं। इन अवयवों को भौतिक गुणों के आधार पर पृथक भी नहीं किया जा सकता। अवयवों से रासायनिक क्रिया द्वारा केवल निश्चित अनुपात में मिलकर रासायनिक क्रियाओं का शब्दों में वर्णन करने के स्थान पर क्यों न संकेतों, चिह्नों, व प्रतीकों की सहायता लेकर समय व स्थान की बचत की जाय ?

तुम देखोगे कि वैज्ञानिक किस प्रकार इनकी सहायता लेकर रासायनिक क्रियाओं को समीकरणों द्वारा प्रदर्शित कर देते हैं।

* इसके लिए क्रिया करने वाले पदार्थों को हमेशा बाईं ओर लिखते हैं तथा उनके बीच + का चिह्न लगाते हैं। इन्हें अभिकारक (Reactants) कहते है।

लोहे की रेतन + गंधक का चूर्ण = लोहे का सल्फाइड
(अभिकारक या reactants) (उत्पाद या product)
बनने वाले पदार्थों को दाईं ओर लिखते हैं, उनके बीच में भी + चिह्न लगाते हैं। इन्हें उत्पाद (product) कहते हैं।

** अभिकारकों व उत्पादों के बीच = या → का चिह्न लगाते हैं। बहुधा इसके नीचे

या उत्पाद परिस्थिति भी संक्षिप्त रूप में लिख देते हैं (जैसे ऊष्मा या ताप)।

$$\text{लोहे की रेतन} + \text{गंधक का चूर्ण} \xrightarrow{\text{ताप}} \text{लोहे का सल्फाइड}$$

*** तत्वों के नाम के स्थान पर उनके प्रतीक लिखते हैं—

$$Fe + S \xrightarrow{\text{ताप}} FeS$$

**** अभिकारकों व उत्पादों को अणु संगठन के अनुसार प्रदर्शित करते हैं। इन्हें अणु सूत्र कहते हैं (यदि उनकी अवस्था भी प्रदर्शित करनी हो तो कोष्ठक लगाकर गैस के लिए (g) या ↑, द्रव के लिए (l) व ठोस के लिए (s) लिख देते हैं। बहुधा केवल गैस अवस्था ही ↑ लगाकर प्रदर्शित कर दी जाती है। गंधक से सल्फर डाइऑक्साइड बनने की क्रिया निम्न प्रकार से प्रदर्शित की जाती है :

$$S(s) + O_2(g) = SO_2(g)$$

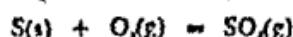
(रासायनिक समीकरण)

***** समीकरण को संतुलित करते हैं अर्थात् प्रत्येक प्रकार के परमाणुओं की कुल संख्या समीकरण के दोनों ओर बराबर रखी जाती है।

यह गणना ऐसे की जाती है :

$$NH_4NO_3 \xrightarrow{\text{ताप}} N_2O \uparrow + 2H_2O$$

अमोनियम नाइट्रेट — नाइट्रस आक्साइड गैस — पानी

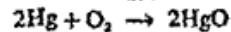
$$\begin{pmatrix} N, & H, & O \\ 1+1, & 4, & 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} N, & O \\ 2, & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} H, & O \\ 2\times2, & 2\times1 \\ =4 & =2 \end{pmatrix}$$

पारे तथा ऑक्सीजन की रासायनिक क्रिया को पहले की भांति समीकरण के रूप में लिखने में एक कठिनाई आती है क्योंकि यह ज्ञात है कि मरकरी ऑक्साइड के अणु में केवल एक मरकरी का परमाणु व एक ऑक्सीजन का परमाणु होता है। अतएव, ऑक्सीजन के एक बचे हुये परमाणु को कैसे दिखाया जाय ?

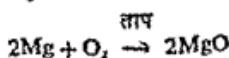
$$Hg + O_2 \rightarrow HgO$$

पारा — आक्सीजन — पारे की लाल भस्म

(रासायनिक समीकरण)

इस कठिनाई को दूर करने के लिए पारे के दो परमाणु लेते हैं :

$$2Hg + O_2 \xrightarrow{\text{ताप}} 2HgO$$

इसी प्रकार मैगनीशियम के वायु में जलने पर मैगनीशियम ऑक्साइड बनने की क्रिया को भी दो मैगनीशियम के परमाणु लेकर समीकरण द्वारा प्रदर्शित करते हैं :

$$2Mg + O_2 \xrightarrow{\text{ताप}} 2MgO$$

समीकरणों को संतुलित करने के लिए हमें यौगिकों के अणुओं की रचना का ज्ञान होना आवश्यक है।

यहाँ पर कुछ बहुधा प्रयोग में आने वाले यौगिकों के अणुओं की रचना दी जा रही है। यह किस प्रकार ज्ञात की जाती है यह तुम अगली इकाइयों में पढ़ोगे (सारणी 3.5)।

अणुओं की रचना में परमाणु किस अनुपात में संयुक्त होते हैं ?

3.7 अणुओं में परमाणुओं की संख्या रासायनिक क्रियाओं के मात्रात्मक अध्ययन के परिणामों से गणना करके ज्ञात की जाती है (यह तुम अगली इकाइयों में पढ़ोगे)।

इन गणनाओं के आधार पर वैज्ञानिकों ने यह पाया कि अणु बनाते समय विभिन्न तत्वों के परमाणु हमेशा निश्चित अनुपात में ही संयुक्त होते हैं। हम यहाँ हाइड्रोजन के चार यौगिकों के उदाहरण लेते हैं—

सारणी 3.5

यौगिक	अणु सूत्र	सरल अणु रचना
1 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	HCl	HCl
2 जल	H_2O	H_2O
3. अमोनिया	NH_3	NH_3
4. मीथेन	CH_4	CH_4

अन्य उदाहरणों के लिए चित्र 3.6 देखो।

3.8 तत्वो की संयोजकता भिन्न-भिन्न क्यो होती है ?

वैज्ञानिको ने इसका कारण तत्वों के परमाणुओं की बनावट के अध्ययन के आधार पर खोजा है। यह तुम अगली इकाइयो मे पढोगे। यहाँ अभी इतना कहना ही पर्याप्त है कि यह परमाणुओं मे

चित्र 3.8—कुछ मूलको के आकार

	ऑक्साइड	क्लोराइड	सल्फाइड		ऑक्साइड	क्लोराइड	सल्फाइड
कैल्सियम	CaO	$CaCl_2$	CaS	कॉपर	CuO	$CuCl_2$	CuS
टिन	SnO_2	$SnCl_4$	SnS_2	आयरन	Fe_2O_3	$FeCl_3$	Fe_2S_3
बेरियम	BaO	$BaCl_2$	BaS	लैड	PbO	$PbCl_2$	PbS
कोबाल्ट	CoO	$CoCl_2$	CoS	मैगनीशियम	MgO	$MgCl_2$	MgS
निकल	NiO	$NiCl_2$	NiS	जिंक	ZnO	$ZnCl_2$	ZnS
क्रोमियम	Cr_2O_3	$CrCl_3$	Cr_2S_3	एल्युमिनियम	Al_2O_3	Al_2Cl_6	Al_2S_3
सिल्वर	Ag_2O	$AgCl$	Ag_2S	सोडियम	Na_2O	$NaCl$	Na_2S
पोटैशियम	K_2O	KCl	K_2S	मर्करी	HgO	$HgCl_2$	HgS
				मैगनीज	MnO	$MnCl_2$	MnS

चित्र 3.6—विभिन्न धातुओं के ऑक्साइड, क्लोराइड तथा सल्फाइड के आकार

अणुओं की इस प्रकार रचना का कारण समझने के लिए हम यह कल्पना करते हैं कि हाइड्रोजन के परमाणु गोल होते है व इनमे एक छिद्र होता हैं तथा Cl, O, N तथा C परमाणु भी गोल है व उनमे क्रमशः एक, दो, तीन व चार निकली हुई तीलियां है। यह चित्र 3.7 मे दर्शाया गया है :

चित्र 3.7—परमाणुओं के काल्पनिक आकार

विभिन्न विधियों द्वारा वैज्ञानिको ने अनेकों अणुओं के रूप व आकार ज्ञात कर लिये हैं तथा पाया है कि इनमें परमाणुओं का प्रबन्ध एक ही धरातल में न होकर ज्यामिति के सुनिश्चित (रेखीय, कोणीय, पिरामिड व चतुष्फलक) आकारों मे होता है। यह चित्र 3.7 मे दर्शाया गया है [दूसरे शब्दो मे, हमने हाइड्रोजन की संयोजन क्षमता (संयोजकता) इकाई (एक) मान कर Cl, O, N व C की संयोजकता क्रमश. 1, 2, 3 व 4 निश्चित की। संयोजकता शब्द का प्रयोग सर्व प्रथम फ्रेंकलैण्ड (1852) ने किया। उन्होंने भी हाइड्रोजन को ही इकाई माना था]

उपस्थित ऋण विद्युत कणों (इलेक्ट्रॉन) के प्रबन्ध पर निर्भर है। इन कणों को देने अथवा प्राप्त क
के अनुसार संयोजकता ऋण या धन कहलाती है। धातुओं के लिए यह धनात्मक व अधातुओं के
ऋणात्मक होती है।

रासायनिक संयोग के समय परमाणु निश्चित समूहों में रहकर भी भाग लेते हैं। ये स
मूलक (radical) कहलाते हैं (चित्र 3.8)। इनकी संयोजकता इनके धन या ऋण आवेश की स
के अनुसार होती है। उदाहरणार्थ :

मूलक $[SO_4]^{--}$ (सल्फेट)	$[NO_3]^{-}$ (नाइट्रेट)	$[PO_4]^{---}$ (फॉस्फे
संयोजनीयता 2	1	3

संयोजकता—सारणी 3.6 में तत्वों व मूलकों की संयोजकता संग्रहित है। इसकी सहाय
से सम्भव यौगिक व उनके सूत्र बनाए जा सकते हैं। जैसे :—

Zn^{++} के साथ $[SO_4]^{--}$ मूलक लेकर $ZnSO_4$ $(2+, 2-)$
Cu^{+} के साथ $[O]^{--}$ मूलक लेकर Cu_2O $(2+, 2-)$
Al^{+++} के साथ $[CO_3]^{--}$ मूलक लेकर $Al_2(CO_3)_3$ $(6+, 6-)$

सारणी 3.6
संयोजकता सारणी

	एक-संयोजक		द्वि-संयोजक		त्रि-संयोजक	
धातुएं	तांबा (क्यूप्रस)	Cu^{+}	बेरियम	Ba^{++}	एल्यूमिनियम	Al^{++}
	लीथियम	Li^{+}	कैल्सियम	Ca^{++}	ऐण्टिमनी	Sb^{++}
	मरक्यूरस (पारा)	Hg^{+}	तांबा (क्यूप्रिक)	Cu^{++}	आर्सेनिक	As^{++}
	पोटैशियम	K^{+}	लोहा (फैरस)	Fe^{++}	क्रोमियम	Cr^{++}
	चाँदी	Ag^{+}	मैग्नीशियम	Mg^{++}	लोहा (फैरिक)	Fe^{++}
	सोडियम	Na^{+}	पारा (मरक्यूरिक)	Hg^{++}		
अधातुएं	हाइड्रोजन	H^{+}	जस्त (जिंक)	Zn^{++}		
	ब्रोमीन	Br	ऑक्सीजन	O	नाइट्रोजन (नाइट्राइड)	N^{---}
	क्लोरीन	Cl	गंधक (सल्फाइड)	S^{--}	फास्फोरस (फास्फाइड)	P^{---}
	फ्लोरीन	F	—		—	
	आयोडीन	I	—		—	
मूलक	ऐसीटेट	CH_3COO^{-}	कार्बोनेट	CO_3^{--}	फॉस्फेट	PO_4^{---}
			सल्फेट	SO_4^{--}		
	बाई-कार्बोनेट	HCO_3^{-}	सल्फाइट	SO_3^{--}	—	
	क्लोरेट	ClO_3^{-}				
	हाइड्रॉक्साइड	OH^{-}	—		—	
	नाइट्रेट	NO_3^{-}	—		—	
	नाइट्राइट	NO_2^{-}	—		—	
	ब्रोमाइड	Br^{-}	—		—	
	क्लोराइड	Cl^{-}	—		—	
	फ्लोराइड	F^{-}	—		—	
	आयोडाइड	I^{-}	—		—	

प्राकृतिक अवस्था में प्रत्येक तत्त्व, परमाणु एवं यौगिक उदासीन अवस्था में रहते हैं। रासायनिक क्रिया करते समय सरल एवं जटिल आवेशमय मूलकों में परिवर्तित हो जाते हैं। रासायनिक क्रिया समाप्त होने के बाद फिर से सभी मूलक उदासीन हो जाते हैं। दूसरे शब्दों में हम यह कहते हैं कि क्रिया से बनने वाले यौगिकों के अणुओं में ऋण या धन विद्युत आवेशों की संख्या समान होती है। अतः किसी भी यौगिक का अणु सूत्र लिखते समय निम्न बातों को ध्यान में रखते हैं :—

1. धनात्मक संयोजकता मूलक पहले लिखकर ऋणात्मक मूलक लिखो। दोनों मूलकों पर (+) धन तथा (−) ऋण आवेश लिखो जिसमें उनकी संयोजकता ज्ञात हो सके।
2. यदि मूलकों की संयोजकताएं आपस में बराबर हों तो मूलकों के संकेत तथा सूत्रों के नीचे दाईं ओर कोई अंक नहीं लिखते जब तक कि अंक यौगिक के अणु में उपस्थित परमाणु एक से अधिक न हो। जैसे—हाइड्रोजन पर-ऑक्साइड का सूत्र H_2O_2 है न कि HO क्योंकि इसके अणु में दो हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के परमाणु होते हैं।

सोडियम नाइट्रेट ⇌ एक सोडियम आयन (एक धन आवेश) + एक नाइट्रेट आयन (एक ऋण आवेश)

पोटैशियम सल्फेट ⇌ दो पोटैशियम आयन (दो धन आवेश) + एक सल्फेट आयन (दो ऋण आवेश)

सोडियम फॉस्फेट ⇌ तीन सोडियम आयन (तीन धन आवेश) + एक फॉस्फेट आयन (तीन ऋण आवेश)

मैगनीशियम क्लोराइड ⇌ एक मैगनीशियम आयन (दो धन आवेश) + दो क्लोराइड आयन (दो ऋण आवेश)

जिंक सल्फेट ⇌ एक जिंक आयन (दो धन आवेश) + एक सल्फेट आयन (दो ऋण आवेश)

चित्र 3.9—प्रत्येक यौगिक विद्युतीय रूप से उदासीन होता है

3. क्योंकि प्रत्येक यौगिक उदासीन होता है इसलिए (+) धनात्मक आवेशों का योग (−) ऋणात्मक आवेशों के योग के बराबर होता है। इसलिए यदि मूलकों की संयोजकता आपस में बराबर न हों तो मूलकों के नीचे दायीं ओर अंक लिखकर समान कर लिया जाता है। अंक एक कभी भी नहीं लिखा जाता है (चित्र 3.9)।
4. जटिल मूलक को हमेशा (   ) कोष्ठक में लिखा जाता है यदि उनकी संख्या एक से अधिक हो।

8. निम्न अभिक्रियाओ को रासायनिक समीकरणो से प्रदर्शित करो :

   1. कैल्सियम कार्बोनेट + हाइड्रोक्लोरिक अम्ल
      = कैल्सियम क्लोराइड + कार्बन डाइऑक्साइड
   2. हाइड्रोजन + नाइट्रोजन = अमोनिया
   3. फास्फोरस + आक्सीजन = फास्फोरस आक्साइड
   4. कापर सल्फेट + लोहा = फेरस सल्फेट + कापर
   5. लैड नाइट्रेट + ताप
      = लैड ऑक्साइड + नाइट्रोजन डाइ ऑक्साइड + ऑक्सीजन

9. क्या विभिन्न प्रकार के अणुओ को त्रिविम (Three Dimensions) द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है ? कार्बन डाइऑक्साइड तथा अमोनिया का उदाहरण देते हुए स्पष्ट करो।

प्रयोगशाला क्रियाएं तथा योजनाएं

1. एक ग्राम बेरियम नाइट्रेट एव एक ग्राम मरक्यूरिक नाइट्रेट को एक कठोर कांच की परखनली मे तीव्रज्वाला मे गर्म करो जिसमे विच्छेदन क्रिया सम्पूर्ण हो जाये। बची हुई ठोस आक्साइड की मात्रा को ज्ञात करो।
   1. त्येक अवस्था मे ऑक्साइड तथा नाइट्रेट की मात्रा मे अनुपात ज्ञात करो।
   2. प्रत्येक अवस्था मे नाइट्रेट तथा ऑक्सीजन के आयतन की मात्रा मे अनुपात ज्ञात करो।
   3. मरक्यूरिक ऑक्साइड को विच्छेदित कर मरकरी की मात्रा ज्ञात करो।
2. एक ग्राम बेरियम कार्बोनेट के साथ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्रिया सिरिंज मे कराओ। प्राप्त होने वाली गैस का आयतन मापो।
3. एक ग्राम जिक नाइट्रेट से कितने मिली ऑक्सीजन गैस निकलती है ज्ञात करो।
4. दो ग्राम जिक से प्राप्त होने वाली हाइड्रोजन का आयतन ज्ञात करो।

विज्ञान क्लब क्रियाएं

1. दैनिक जीवन मे प्रयोग आने वाले पाच तत्वो, दस यौगिको व पाच मिश्रणो के उदाहरण उनके संकेत, सूत्र तथा उपयोग सहित भित्ति पत्रिका पर लगाओ।
2. प्रयोगशाला मे निम्न तत्वो की अभिक्रियाओ से यौगिक बनाओ। सोडियम, फॉस्फोरस, गधक, जस्ता।
3. उक्त प्रयोग मे बनने वाले यौगिको की जल तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से क्रिया कराओ। साथ मे बनने वाले यौगिक के गुणो का अध्ययन करो तथा समीकरण लिखो।
4. मिट्टी मे पाये जाने वाले कम से कम तीन अवयवो को अलग करो तथा प्रयोगो द्वारा ज्ञात करो कि प्रत्येक अवयव तत्व है या यौगिक या मिश्रण।
5. कृषि रसायन की पुस्तक मे देखकर ज्ञात करो कि पौधो को विशेषकर कौन-कौन से तत्वो की आवश्यकता होती है। यह तत्व कौनसे यौगिको के रूप मे पौधों द्वारा ग्रहण किये जाते है ?
6. प्राचीन रासायनिको से लेकर आज तक तत्वो के प्रदर्शित करने की सांकेतिक प्रणालियो का तुलनात्मक चार्ट तैयार करके कक्षा मे लगाओ।

1. निम्न पदार्थों से तुम परिचित हो—

(1) वायु
(2) इस्पात
(3) ज्वाला
(4) कांच
(5) जस्ता
(6) लोहा
(7) जल

इनसे कौन से पदार्थ तत्व हैं :

(अ) 2 व 3 के अतिरिक्त सारे
(ब) केवल 1, 5 व 6
(स) केवल 5 व 6
(द) केवल 1 व 2
(इ) केवल 2, 5, 6 व 7 ( )

2. साधारणत: जिस धातु का केवल द्विसंयोजक मूलक नहीं होता वह है—

(अ) कैल्सियम
(ब) लोहा
(स) मैगनीशियम
(द) बेरियम
(इ) जिंक ( )

3. किसी मिश्रण को उसके अव्यवों मे पृथक करने के लिए निम्न गुणों का प्रयोग करते हैं—

(1) चुम्बकीयता
(2) घुलनशीलता
(3) घनत्व
(4) ऊर्ध्वपातन

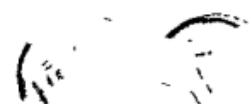
इनमे से कौनसी विकल्पनाएं सत्य हैं—

(अ) चारों
(ब) केवल 1, 2, व 4
(स) केवल 2, 3 व 4
(द) 1, 2 व 3
(इ) कोई और युग्म ( )

4. 'संयोजकता' शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग किया था ।

(अ) लेवोशिये
(ब) बेकर ने
(स) गेबर ने
(द) फ्रैंकलैण्ड ने
(इ) जे. रे ने ( )

उत्तर : 1—(स) 2—(ब) 3—(अ) 4—(द)

4

रासायनिक संयोग के नियम
व
डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त

तुमने पिछली इकाइयो मे पदार्थों की रचना व अवस्था परिवर्तनो का अध्ययन किया तथा ये निष्कर्ष निकाले :

(1) तत्वो के छोटे से छोटे कण परमाणु व यौगिक के छोटे से छोटे कण अणु होते हैं।

(2) पदार्थों के अवस्था परिवर्तन मे अणुओ के प्रबन्ध मे व रासायनिक परिवर्तनो मे उनकी सरचना मे परिवर्तन हो जाता है।

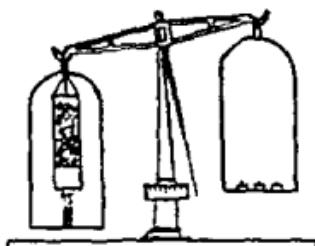
इस इकाई मे अनेको रासायनिक क्रियाओ के मात्रात्मक अध्ययन के परिणामो पर विचार करेंगे और परिणामो मे नियमितताओ को खोजेंगे व उनके कारणो का अनुमान लगाएंगे।

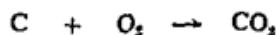
4.1 तुम लेवोशिये महोदय के कुछ प्रयोगो से परिचित हो। तुम्हें याद होगा कि उन्होंने पारे के लाल ऑक्साइड को गर्म करने वाले प्रयोग मे गैसो के आयतन नापे थे। इसी प्रकार उन्होने अनेको रासायनिक क्रियाओ मे भाग लेने वाले व बनने वाले पदार्थों की मात्रा मे परिवर्तना की गणन के मापन के परिणामो (इन्हें मात्रात्मक अध्ययन कहते हैं) से यह प्रदर्शित किया कि रासायनिक क्रियाओ मे भाग लेने वाले पदार्थों के कुल भार में परिवर्तन नही होता। लोमोनोसोव नाम के रूसी वैज्ञानिक ने तो इसे नियम के रूप* मे 1756 मे ही प्रस्तुत कर दिया था।

यहाँ तुम्हें यह ध्यान तो आया ही होगा कि मोमबत्ती के या कोयले के जल जाने पर केवल मात्र थोड़ी सी राख ही बच रहती है तब यह नियम कैसे ठीक हो सकता है कि रासायनिक क्रियाओं मे भाग लेने वाले पदार्थों के कुल भार मे परिवर्तन नहीं होता ? इसके लिए तुम सकते हो :—

---

* इकाई 1 मे हमने 'नियम' शब्द को . प्रयोग करने का प्रस्ताव किया था।

चित्र 4.1 के अनुसार तुला के एक पलड़े पर मोमबत्ती इस प्रकार रखो कि मोमबत्ती के जलने से बनने वाले पदार्थ सिलिण्डर में लोहे की नाली में रखे हुए कैल्सियम ऑक्साइड के टुकड़ों व सोडा लाइम तथा कांच की ऊन के मिश्रण के संसर्ग में आते रहें। मोमबत्ती के जलाने पर तुम देखोगे कि भार में वृद्धि होने लगती है। कहा तो तुम्हारे प्रतिदिन के अनुभव से प्रतीत होता था कि मोमबत्ती के जलने पर भार में कमी तो क्या, वह तो पूरे भार सहित समाप्त ही हो जाती है। किन्तु अब तो यह स्पष्ट दिखायी पड़ता है कि भार में वृद्धि होती जाती है। लेवोशिये द्वारा प्रस्तावित ज्वलन क्रिया के आधार पर इसे सरलतापूर्वक समझा जा सकता है। जलने के समय वायु से ऑक्सीजन लेकर होने वाली क्रिया तुम्हें विदित ही है :

चित्र 4.1—मोमबत्ती के जलने पर भार में वृद्धि

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

भार बढ़ने का कारण वायु की ऑक्सीजन का क्रिया मे भाग लेना है।

इसी प्रकार के अनेकों उदाहरणों को ध्यान में रखकर लैण्डोल्ट नामक वैज्ञानिक पन्द्रह वर्षों (1893 से 1908) तक यह जाँच करने के लिए कठिन परिश्रम करते रहे कि क्या रासायनिक अभिक्रियाओं के समय अभिकारकों व उत्पादों के कुल भार में कमी या वृद्धि होती है तो क्या यह प्रयोग की किसी त्रुटि के कारण होता है या पदार्थ 'नष्ट' हो जाता है?

उन्होंने अपने प्रयोगों में विशेष पात्र का उपयोग किया जो चित्र 4.2 में दिखाया गया है। ऐसे ही दो पात्रों में एक ओर सिल्वर नाइट्रेट व दूसरी ओर पोटैशियम क्लोराइड जैसे अभिकारक लिये। इन्हें एक करोड़वें भाग के परिवर्तन तक के सूक्ष्म परिवर्तन को ग्रहण करने की क्षमता वाली तुला के दोनों पलड़ों में रखा तथा तुला को सन्तुलित किया। अब एक पात्र को टेढ़ा करके अभिक्रिया कराई। आवश्यकतानुसार टेढ़े होने के पश्चात उन्होंने पाया कि अभिक्रिया के कारण भार में एक करोड़वें भाग से कम ही अन्तर आया। उन दिनों इससे अधिक सूक्ष्म ग्राहक तुला उपलब्ध होने की सम्भावना न होने के कारण उन्होंने कहा कि 'पदार्थ के अविनाशी होने के नियम को प्रायोगिक आधार पर स्थापित मान लेना चाहिए।'

इस नियम को इन शब्दों में भी रखा जा सकता है :

"रासायनिक अभिक्रियाओं में न तो द्रव्य नष्ट होता है और न ही उत्पन्न होता है।"

चित्र 4.2—लैण्डोल्ट की नली

4.2 रासायनिक अभिक्रियाओं के मात्रात्मक अध्ययनों के कुछ परिणामों का एक उदाहरण सारणी 4.1 में दिया गया है। इन्हें स्टास (1860) नामक वैज्ञानिक द्वारा प्राप्त किया गया था। इन्होंने सिल्वर क्लोराइड को विभिन्न स्थानों पर चार विभिन्न विधियों द्वारा बनाया।

सारणी 4.1

प्रयोग क्र.	प्रारम्भ में चांदी की ली गई मात्रा	प्राप्त सिल्वर क्लोराइड का भार
1.	100 ग्राम	132.8425 ग्राम
2	100 ग्राम	132.8475 ग्राम
3	100 ग्राम	132.8420 ग्राम
4	100 ग्राम	132.8450 ग्राम

यदि हम यह ध्यान में रखें कि प्रायोगिक कार्यों, कठिनाइयों व सीमाओं को ध्यान में रखें व दशमलव के तीसरे स्थान के अन्तर को गौण मानें तब यह परिणाम निकाल सकते हैं "कि किसी विधि से सिल्वर क्लोराइड प्राप्त करें, इसकी संरचना समान रहती है।"

मिखाइल वेसिलयेविच लोमोनोसोव
(1711–1765)

रूसी वैज्ञानिक एम वी लोमोनोसोव ने सन् 1711 में एक मछुए के घर जन्म लिया था। 1741 ई. में वे रूसी विज्ञान अकादमी के सदस्य बने। उन्होंने सबसे अधिक कार्य रसायन शास्त्र में किया। अग्नि की प्रकृति तथा जलने की क्रिया की उन्होंने पूर्ण रूप से व्याख्या की। लोमोनोसोव प्रथम वैज्ञानिक थे जिन्होंने अपने शोध प्रबन्ध में यह विचार रखा था कि किसी धातु को गर्म करने पर उसके भार में जो वृद्धि होती है उसका कारण धातु का वायु से मिल जाना हो सकता है न कि फ्लोजिस्टन का निकलना। उनके विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों में किये हुए बहुमुखी कार्यों को एक पूरे विश्वविद्यालय के कार्य से भी अधिक समझकर पुश्किन ने उन्हें ही देश का सबसे पहला विश्वविद्यालय कहना उचित समझा।

मिखाइल वेसिलयेविच लोमोनोसोव

इसी प्रकार अनेकों यौगिकों की रचनाओं के अध्ययनों से यही परिणाम निकले कि कोई यौगिक किसी रीति से बनाया जाय अथवा किसी भी स्रोत से प्राप्त किया जाय, उसमें अवयवी तत्व हमेशा निश्चित अनुपात में पाये जाते हैं। इसे 'स्थिर अनुपात का नियम' कहते हैं।

हम इसे दूसरे शब्दों में इस प्रकार कह सकते हैं कि किसी भी रीति से सिल्वर क्लोराइड प्राप्त किया जाय, उसमें सिल्वर व क्लोरीन के भार में हमेशा निश्चित अनुपात रहता है।

4.3 क्या तत्व केवल एक ही निश्चित अनुपात में संयोग करते हैं ?

तत्वों के निश्चित अनुपात में संयोग करके यौगिक बनाने के नियम से वैज्ञानिकों को यह प्रतीत हुआ कि प्रकृति ने तत्वों के संयोजन की सीमा निश्चित कर दी है। जैसे एक ग्राम लैंड को लगभग 450° सें. तक चाहे कितने ही समय तक गर्म किया गया, 1·103 ग्राम लाल चूर्ण (लाल लैड ऑक्साइड) ही प्राप्त होता है। जे. रे (1630) ने इसे इन शब्दों में कहा, "प्रकृति ने जो सीमाएं बाधी हुई हैं उन्हें वह कभी नही तोड़ती।" किन्तु यह भी देखा गया कि एक ग्राम लैंड को लगभग 750° सें. तक गर्म किया जाय तो 1·078 ग्राम से अधिक लैंड ऑक्साइड नही बनता, इसका रंग पीला होता है।

अब प्रश्न उठता है कि क्या प्रकृति ने लैंड व ऑक्सीजन के संयोग के लिए दो सीमाएँ निश्चित की है ? एक लाल ऑक्साइड के लिए तथा दूसरी पीले ऑक्साइड के लिए ?

दोनो यौगिकों मे सयुक्त होने वाली ऑक्सीजन व लैंड की मात्राओ को इस प्रकार भी लिखा जा सकता है।

सारणी 4.2

यौगिक	ऑक्सीजन का भार	लैंड का भार
लैंड का लाल ऑक्साइड	64 भाग	621 भाग (3×207)
लैंड का पीला ऑक्साइड	64 भाग	828 भाग (4×207)

इस प्रकार कार्बन के दोनों ऑक्साइडो मे भी कार्बन व ऑक्सीजन के सयोग के लिए 'दो सीमाएँ' हैं :

सारणी 4.3

यौगिक	ऑक्सीजन का भार	कार्बन का भार
कार्बन मौनोक्साइड	64 भाग	24 भाग (2×12)
कार्बन डाइऑक्साइड	64 भाग	48 भाग (4×12)

नाइट्रोजन के यौगिको मे तो प्रकृति द्वारा पाँच सीमाएं लगाई गई प्रतीत होती हैं :

सारणी 4.4

यौगिक	नाइट्रोजन का भार	ऑक्सीजन का भार
नाइट्रोजन मोनोक्साइड	14 भाग	8 (1×8)
नाइट्रिक ऑक्साइड	14 भाग	16 (2×8)
नाइट्रोजन डाइऑक्साइड	14 भाग	24 (3×8)
नाइट्रोजन डाइऑक्साइड	14 भाग	32 (4×8)
नाइट्रोजन पेण्टॉक्साइड	14 भाग	40 (5×8)

इन परिणामो से हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि 'तत्व एक से अधिक अनुपात मे भी सयोग करते है।' क्या यह निष्कर्ष पहले नियम के विरुद्ध पड़ता है ? ध्यान पूर्वक देखने से तुम समझ सकते हो कि निश्चित अनुपात का नियम किसी एक यौगिक के लिए तत्वो के एक निश्चित अनुपात मे सयोग करने के लिए है। तत्वो के एक से अधिक अनुपातो मे संयोग करने से एक से अधिक यौगिक भी बनते हैं। अतएव, हमारा यह निष्कर्ष कि तत्व एक से अधिक अनुपातो मे भी सयोग करते है, एक यौगिक की रचना के लिए न होकर एक से अधिक यौगिकों के लिए है।

4.4 तत्व एक से अधिक अनुपातों से संयोग करते समय भी क्या किसी नियम का पालन करते हैं ?

सारणी 4.2, 4.3 व 4.4 मे प्रयोगों से प्राप्त परिणामों को इस प्रकार व्यवस्थित किया गया है कि तुम सरलतापूर्वक यह देख सकते हो कि—

(1) ऑक्सीजन के निश्चित भार (64 भाग) से सयोग करने वाले सीस के दोनो भारो मे 621 : 828 का अनुपात है। यह सरल रूप मे 3 4 है।

(2) ऑक्सीजन के निश्चित भार से सयोग करने वाले कार्बन के भार मे भी आपस मे सरल अनुपात 1 : 2 है।

(3) नाइट्रोजन के निश्चित भार से सयोग करने वाले ऑक्सीजन के विभिन्न भारो मे भी सरल अनुपात है।

इसी प्रकार अनेकों यौगिको के अध्ययन मे भी यही पाया गया कि किसी एक तत्व के निश्चित भार से सयोग करने वाले दूसरे तत्व के भिन्न-भिन्न भारों से भी सरल सम्बन्ध रहता है। इसे गुणित अनुपात के नियम के रूप मे सर्व प्रथम 1802 के लगभग डाल्टन महोदय ने इस प्रकार प्रस्तुत किया :

"यदि दो तत्व संयोग करके एक से अधिक यौगिक बनाते हैं तब एक तत्व के निश्चित भार से संयोग करने वाले दूसरे तत्व के भिन्न-भिन्न भारों में सरल अनुपात होता है।"

अभी तक तुमने ऐसे यौगिको की रचना का ही अध्ययन किया है जिनमें केवल दो तत्व संयोग करते हैं। तुमने देखा कि यौगिक की रचना के लिए—

(1) तत्वों के निश्चित अनुपात में संयोग करने पर ही यौगिक बनता है।
अथवा, इसे ही दूसरे शब्दो में इस प्रकार कह सकते हैं—किसी भी यौगिक में उसके अवयवी तत्व केवल एक निश्चित अनुपात में ही पाए जाते हैं।
उदाहरणार्थ—हम कहीं से भी, कभी भी शुद्ध लाल लैड ऑक्साइड लें, उसमें लैड व आक्सीजन के भार 1 : 1·103 के अनुपात में ही मिलेंगे।

(2) एक तत्व के निश्चित भार से संयोग करने वाले दूसरे तत्त्व के भिन्न-भिन्न भारों से सरल अनुपात रहता है।

अब हम ऐसे यौगिकों का उदाहरण लेते हैं जिनके बनने में तीन तत्त्व भाग लेते हैं। जैसे—
सल्फर डाइऑक्साइड व जल। सल्फर डाइऑक्साइड सल्फर व ऑक्सीजन से तथा हाइड्रोजन व आक्सीजन के संयोग से जल बनता है। यहां दो यौगिको के बनने में तीन तत्व भाग ले रहे है।

जॉन डाल्टन

(1766–1844—ब्रिटिश)

जॉन डाल्टन अपने समय के सबसे प्रभावशाली वैज्ञानिक थे। वे एक स्कूल अध्यापक थे। 12 वर्ष की आयु से ही उन्हें जीविकोपार्जन के लिए ट्यूशन करनी पड़ी थी। डाल्टन का आण्विक सिद्धान्त उनकी प्रमुख व प्रथम परिकल्पना थी। आज का सर्वमान्य आण्विक सिद्धान्त उनके मूल सिद्धान्त की देन है। उन्होंने गैसों के आंशिक दाब का नियम तथा गणित अनुपात का नियम व्यक्त किये।

जॉन डाल्टन

4.5 दो से अधिक तत्वों के संयोग में प्रकृति ने क्या सीमाएं लगाई हैं ?

यह प्रश्न सहज ही वैज्ञानिको के विचार में आया। इसके उत्तर के लिए अनेकों प्रयोग किये गए तथा प्राप्त परिणामों के आधार पर एक अत्यन्त रोचक सम्बन्ध ज्ञात हुआ।

यह सम्बन्ध इन दो अनुपातों के बीच है—

(1) जिनमे तत्व अ व ब सीधे संयोग करते हैं (जिसे तुमने स्थिर अनुपात के नियम में देखा था)।

(2) जिन्हें दो तत्व पृथक पृथक तीसरे तत्व के निश्चित भार से संयोग करते हैं। जैसे—
जल में हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के भारों में अनुपात 1 : 8 है तथा हाइड्रोजन व गन्धक के उन भारों में 1 : 16 है जो गन्धक के निश्चित भार में संयोग करते हैं।

पहला अनुपात $\frac{1}{8}$

दूसरा अनुपात $\frac{1}{16}$

दोनों अनुपातों में अनुपात $= \frac{1}{8} : \frac{1}{16}$

$= 2 : 1$

तत्वों के भारों में इस प्रकार के सम्बन्ध को व्युत्क्रम अनुपात का नियम कहते हैं। इसे बर्ज़ीलियस महोदय ने लगभग 1810 में अनेक गणनाओं के आधार पर प्रस्तुत किया। दो व तीन तत्वों के संयोग में इतने सरल नियमों को देख कर वैज्ञानिकों को उत्सुकता हुई कि क्या तीन से अधिक संख्या में, तत्वों के भारों में भी कोई सरल सम्बन्ध है? इस जिज्ञासा के कारण वैज्ञानिकों ने अनेकों यौगिकों के उदाहरण लेकर उनमें तत्वों के संयोग करने वाले भारों को संकलित किया। (हम इनके परिणामों पर अगली इकाइयों में विचार करेंगे।)

वैज्ञानिकों को सबसे अधिक आश्चर्य की बात तो यह लगी कि तत्वों के संयोग में इतनी नियमितता कैसे है। इनमें डाल्टन प्रमुख थे।

डाल्टन ने विचार किया कि अवश्य ही यह उनके छोटे से छोटे कणों का परमाणुओं के स्वभाव पर निर्भर होगी। उन्होंने 1808 में तत्वों के संयोग की इस आश्चर्यजनक नियमितता को समझाने के लिए उनके परमाणुओं के स्वभाव व व्यवहार के विषय में कुछ कल्पनाएं की जो निम्न हैं—

1. परमाणु द्रव्य के वे वास्तविक कण हैं जिनको किसी भी रासायनिक क्रिया द्वारा विभाजित नहीं किया जा सकता।
2. किसी एक तत्व के परमाणु समान होते हैं, विशेष रूप से भार में।
3. विभिन्न तत्वों के परमाणुओं में अंतर होता है तथा उनके भार भिन्न होते हैं।
4. विभिन्न परमाणुओं के सरल अनुपातों में संयुक्त होने से यौगिक बनते हैं।
5. तत्वों के संयोग करने वाले भार उनके संयोग करने वाले परमाणुओं का भार दर्शाते हैं।

डाल्टन द्वारा परमाणुओं की परिकल्पना के आधार पर पदार्थों के व्यवहार को समझाने के प्रयास को 'डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त' कहते हैं। इसमें परमाणुओं की प्रकृति व संयोग के विषय में दिये गये अनुमानों को डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की संकल्पनाएँ कहते हैं।

4.6 इस सिद्धान्त के अनुसार रासायनिक संयोग के नियमों को कैसे समझाया जा सकता है?

1. द्रव्य के अविनाशी होने का नियम

पहली संकल्पना के अनुसार क्योंकि परमाणुओं को किसी भी रासायनिक क्रिया द्वारा

जोजफ लुई गे-लूसैक

(1778–1850—फ्रांसीसी)

जोजफ लुई गे-लूसैक

अपने चिरसम्मत गैसो पर कार्य के अतिरिक्त गे-लूसैक ने कार्बनिक तथा अकार्बनिक रसायन विज्ञान में भी मौलिक शोधन कार्य किया। आयोडीन और साएनाइड पर उनका कार्य प्रायोगिक शोध के प्रतिरूप है। उन्होंने बोरिक अम्ल से बोरोन प्राप्त किया और यह प्रदर्शित किया (जैसा कि पहले विश्वास किया जाता था) कि अम्ल में आक्सीजन की उपस्थिति आवश्यक नहीं है। गे-लूसैक ने तकनीकी महत्व का बहुत कार्य किया जिसके फलस्वरूप सोडियम, पोटैशियम तथा गन्धक बना। सर्वप्रथम उन्होंने यह प्रकाशित किया कि किस प्रकार लकड़ी तथा बोरेक्स की अभिक्रिया से हम न जलने वाली लकड़ी बना सकते हैं। इस तरह से उन्होंने रासायनिक विश्लेषण, अम्ल-क्षार सिद्धान्त तथा कार्बनिक रसायन मे महत्वपूर्ण योगदान दिया।

विभाजित नही किया जा सकता अतएव वे नष्ट नही होते। इसी कारण रासायनिक क्रियाओं के कुल भार में अन्तर नहीं आता।

2. स्थिर अनुपात का नियम

संकल्पना के अनुसार दो तत्वो के संयोग के समय उनके परमाणु सरल अनुपातों में संयोग करेंगे। क्योंकि दोनो प्रकार के परमाणुओं के भार समान व निश्चित हैं, तत्वो के संयोग करने वाले भार भी निश्चित होंगे।

3. गुणित अनुपात का नियम

मान लो तत्व क व ख मिलकर दो यौगिक बनाते हैं। इनमें पहले यौगिक में क तत्व के परमाणुओं की संख्या अ व तत्व ख के परमाणुओं की संख्या ब संयोग करती है।

दूसरे यौगिक में क तत्व के परमाणुओं की आ व तत्व ख की बा संख्या परमाणु संयोग करते हैं।

यह मान लें कि क तत्व के प्रत्येक परमाणु का भार क' व ख तत्व के प्रत्येक परमाणु का भार ख' हो, तब दोनों यौगिकों में क व ख के संयोग करने वाले भारों के अनुपात को इस प्रकार लिख सकते हैं :

पहले यौगिक में : अ क' : ब ख'

तथा दूसरे यौगिक में : आ क' : बा ख'

इन्हें हम इस प्रकार भी लिख सकते हैं :

पहले यौगिक में $क' : \frac{ब}{अ} ख'$

तथा दूसरे यौगिक से $\quad$ क' : $\frac{\text{ब}}{\text{आ}}$ ख'

तत्त्व क के निश्चित भार से संयोग करने वाले तत्त्व ख के विभिन्न भारों में अनुपात :

$$\frac{\text{ब}}{\text{अ}} : \frac{\text{बा}}{\text{आ}}$$

डाल्टन की चौथी मान्यता के अनुसार $\frac{\text{ब}}{\text{अ}}$ व $\frac{\text{बा}}{\text{आ}}$

सरल अनुपात है । अतएव $\frac{\text{ब}}{\text{अ}}$ तथा $\frac{\text{बा}}{\text{आ}}$ में भी सरल अनुपात ही होगा ।

4.7 रासायनिक क्रियाओं व यौगिकों के बहुत से उदाहरण तुम्हारे सम्मुख आ चुके हैं। ये लगभग सभी द्रव अथवा ठोस अवस्था के रहे हैं । कदाचित तुम्हारे मन में यह प्रश्न भी उठा हो कि—क्या गैस अवस्था में भी रासायनिक क्रियाएँ होती है ? यदि ऐसा होता है तो क्या वह भी किन्हीं नियमों का पालन करती हैं ?

डाल्टन द्वारा परमाणु सिद्धान्त से ठोस व द्रव अवस्था के यौगिकों में तत्त्वों के संयोग के नियमों को समझाने के प्रयास ने इस समय के वैज्ञानिकों का ध्यान गैस व्यवस्था में होने वाली क्रियाओं की ओर आकर्षित किया। 1808 में गे-लूसैक महोदय ने हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, क्लोरीन, नाइट्रोजन, आदि गैसों के संयोग का अध्ययन किया । गैसों का आयतन ज्ञात करना सरल होता है। अतएव, उन्होंने गैसों के संयोग के अध्ययन में आयतनों की गणना की । उदाहरण के लिए दो प्रयोगों के परिणाम यहाँ देते हैं। उन्होंने विद्युत विस्फुटन द्वारा हाइड्रोजन व ऑक्सीजन के गैसों के विभिन्न आयतनों में क्रिया कराई :

सारणी 4.5

ऑक्सीजन का आयतन	हाइड्रोजन का आयतन	संयोग में काम आई गैसों का आयतन		बची हुई गैस व उसका आयतन
		ऑक्सीजन	हाइड्रोजन	
100 इकाई	300 इकाई	100 इकाई	200 इकाई	हाइड्रोजन 101 भाग
200 ,,	200 ,,	100 ,,	200 ,,	ऑक्सीजन 101 7 भाग

सारणी 4.5 के अनुसार 100 इकाई आयतन ऑक्सीजन से 200 इकाई आयतन के लगभग हाइड्रोजन संयोग करती है। ऑक्सीजन या हाइड्रोजन में जो भी अधिकता में होती है, वही बच रहती है। 100 इकाई आयतन ऑक्सीजन व 200 इकाई आयतन हाइड्रोजन के संयोग में तुम कितने आयतन वाष्प बनने की अपेक्षा करते हो ?

सम्भव है 100+200 = 300 इकाई आयतन

किन्तु सभी प्रयोग में केवल 200 इकाई आयतन वाष्प प्राप्त होती है। इन सभी प्रयोगों के पूर्व व उपरान्त गैसों के आयतनों को ताप व दाब की समान अवस्था में लाकर ही नापा जाता है। चित्र 4.3

प्रति इकाई इस चित्र द्वारा इस प्रकार दर्शाया जा सकता है :

चित्र 43—गैसों का आयतनिक संयोग

इन परिणामों से हम देखते हैं कि अभिक्रिया में उत्पाद का आयतन अभिकारकों के आयतन के योग के बराबर होना आवश्यक नहीं। किन्तु फिर भी अभिक्रिया करने वाली गैसों व उत्पादित गैस के आयतनों में सरल अनुपात रहता है। इस प्रकार के अनेकों परिणामों के आधार पर हमेशा प्राप्त आयतनों के सरल सम्बन्ध को हम गे-लूसैक के आयतनों के संयोग के नियम के रूप में जानते हैं। शब्दों में कहा जा सकता है :

गैसों की अभिक्रियाओं में अभिकारक गैसों तथा उत्पाद के आयतनों में (यदि वे भी गैस अवस्था में हों) सरल अनुपात रहता है। इसके लिए इन आयतनों का मापन दाब व ताप की समान अवस्था में करना आवश्यक है।

इस नियम को डाल्टन के सिद्धान्त के अनुसार समझाने के प्रयास में क्या कठिनाइयाँ आईं तथा किस प्रकार नई परिकल्पना की गई, इसका रोचक वर्णन हम अगली इकाइयों में करेंगे।

4.8 आधुनिक अनुसंधानों के प्रकाश में डाल्टन का सिद्धान्त

तुम पहली इकाई में पढ़ चुके हो कि विज्ञान के सभी सिद्धान्त तभी तक मान्य रहते हैं जब तक वे ज्ञात तथ्यों को तर्क संगत रूप में समझा सकें। अन्यथा उनमें उचित परिवर्तन कर दिया जाता है। यदि यह सम्भावना हो तो पुराने सिद्धान्त को छोड़कर नए सिद्धान्त अपना लिये जाते हैं। इस दृष्टि से डाल्टन के सिद्धान्त में निहित सकल्पनाओं पर विचार करते हैं।

1 यह तो तुम्हें भली-भाँति ज्ञात है कि आजकल अनेकों विधियों से परमाणुओं के भजन की क्रिया का परमाणु एवं हाइड्रोजन बमों व परमाणु बिजलीघरों में उपयोग किया जाता है। किन्तु इनमें से कोई भी विधि रासायनिक क्रिया पर आधारित नहीं है। अतएव, यद्यपि परमाणु को इसके मूल ग्रीक शब्द के अर्थ 'अछाट्य' के विपरीत विभाजित तो किया जा सकता है किन्तु रासायनिक क्रिया द्वारा सम्भव नहीं हुआ है। डाल्टन की पहली सकल्पना अब भी ठीक है।

2 यह ज्ञात किया जा चुका है कि तत्वों के सभी परमाणु भार में समान नहीं होते। इन्हें समस्थानिक (Isotope) कहते हैं। इनके विषय में तुम दसवीं इकाई में पढ़ोगे। अतएव, डाल्टन के सिद्धान्त की दूसरी सकल्पना ठीक नहीं मानी जा सकती।

3. इसी प्रकार ऐसे परमाणु भी ज्ञात किये जा चुके हैं जिनके भार तो समान हैं किन्तु वे एक ही तत्व के परमाणु नहीं हैं। इन्हें समभारिक (Isobar) कहते हैं। यह तथ्य डाल्टन की तीसरी सकल्पना को अमान्य ठहराता है।

4. नई खोजों से निश्चित हो चुका है कि परमाणु हमेशा ही सरल अनुपात में सयोग नहीं करते। कार्बन, हाइड्रोजन व नाइट्रोजन के अनेक कार्बनिक यौगिकों में यह सयोग सरल अनुपात में नहीं होता। अतएव, डाल्टन की चौथी सकल्पना भी ज्ञात तथ्यों के अनुसार अब ठीक नहीं ठहरती।

डाल्टन का सिद्धान्त चाहे आज के वैज्ञानिक ज्ञान के अनुसार ठीक न ठहरे, किन्तु इस कारण विज्ञान की प्रगति में इसके योगदान का महत्व कम नहीं होता।

पुनरावलोकन

पदार्थों का गुणात्मक अन्वेषण करने के बाद रसायनज्ञों का ध्यान मात्रात्मक अध्ययन की ओर आकर्षित हुआ। इस अध्ययन में विशेष रूप से निम्न चार सामान्यीकरण प्राप्त हुए जिन्हें रासायनिक सयोग के रूप में जाना जाता है।

1. रासायनिक क्रियाएं होते समय अभिकारकों की सम्पूर्ण मात्रा में अन्तर नहीं आता है।
2. तत्व की निश्चित मात्रा हमेशा दूसरे तत्व की निश्चित मात्रा से सयोग करके विशेष यौगिक बनाती है। अथवा प्रत्येक यौगिक का मात्रात्मक सगठन निश्चित रहता है।
3. एक तत्व की निश्चित मात्रा से दूसरे तत्व की सयोग करने वाली विभिन्न मात्राओं में सरल अनुपात रहता है।
4. एक तत्व की निश्चित मात्रा से अन्य दो तत्वों की सयोग करने वाली मात्रा में सरल अनुपात रहता है। और यदि ये तत्व आपस में सयोग करें तो सरल अनुपात रहता है।

इन नियमितताओं को समझने के लिए वैज्ञानिकों ने पदार्थ की प्रकृति सम्बन्धित कई धारणाएं प्रतिपादित की जिनमें इंगलैण्ड के वैज्ञानिक डाल्टन तथा इसके विचारक लोमोनोसोव का प्रमुख योगदान रहा। डाल्टन द्वारा पदार्थों को प्रमुख परमाणुओं से बना हुआ मानकर उनकी प्रकृति के विषयों में निम्न धारणाएं प्रस्तुत की गई। यह डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त कहलाता है।

परमाणु सिद्धान्त के आधार पर रासायनिक संयोग के सभी नियमों का स्पष्टीकरण किया जाता है।

आधुनिक वैज्ञानिक प्रयोगों से प्राप्त परिणामों के अनुसार कुछ धारणाएं मान्य नहीं रही हैं।

अध्ययन प्रश्न

1. डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की मुख्य संकल्पनाए (धारणाएं) क्या थी ? किन तथ्यों के ज्ञात होने पर ये संकल्पनाएं असत्य हो गयी ?
2. डाल्टन का परमाणु-सिद्धान्त किस प्रकार द्रव्य की संरक्षता के नियम की व्याख्या करता है ?
3. डाल्टन से पूर्व पदार्थ की रचना के विषय में क्या-क्या मान्यताए थी ? क्या भारतीय विचारकों द्वारा प्राचीन काल मे परमाणुओ की कल्पनाएं की गयी थी ? इस विषय पर तथ्य व विचार संकलित करो।

   (इन विचारो को संकलित कर भित्ति पत्रिका पर लगाओ)
4. सोडियम के दो आक्साइडों का मात्रात्मक प्रतिशत संगठन निम्न प्रकार पाया जाता है :

ऑक्साइड	सोडियम की मात्रा	ऑक्सीजन की प्रतिशत मात्रा
प्रथम	74 19	25·81
द्वितीय	58·9	41·03

   इसमें 8 00 ग्राम ऑक्सीजन से क्रिया करने वाली सोडियम की मात्राए ज्ञात करो। यह परिणाम रासायनिक संयोग के कौनसे नियम को सिद्ध करते है ?
5. लैंड तथा क्लोरीन दो यौगिक बनाते है। प्रथम यौगिक में क्लोरीन तथा लैंड के परमाणुओं का अनुपात 2 : 1 है। द्वितीय यौगिक मे यही अनुपात 4 . 1 है। यदि प्रथम यौगिक का प्रतिशत संगठन 14·50 लैंड तथा 25 50 क्लोरीन है, तब दूसरे यौगिक की प्रतिशत रचना ज्ञात करो।
6. निम्न सारणी मे यौगिक का प्रतिशत संगठन दिया गया है :

यौगिक	धातु	ऑक्सीजन
प्रथम	77 44%	22·56%
द्वितीय	69·59%	30 41%
तृतीय	63 19%	36 81%

   प्रत्येक यौगिक मे एक पौण्ड धातु की मात्रा मे संयुक्त होने वाली ऑक्सीजन की मात्राएं ज्ञात करो। इन परिणामों से रासायनिक संयोग का कौनसा नियम इंगित होता है ?
7. नीले थोथे व हरे कसीस के क्रिस्टलो से प्राप्त जल के नमूनों का विश्लेषण करने पर हाइड्रोजन व ऑक्सीजन की मात्रा का अनुपात 1 : 8 पाया गया। इसी प्रकार साभर झील से प्राप्त आसुत जल मे भी हाइड्रोजन व ऑक्सीजन का अनुपात यही ज्ञात हुआ। इन तथ्यों से कौन से रासायनिक नियम की पुष्टि होती है ? इस नियम को लिखो।

ज्ञान क्लब सम्बन्धी क्रियाएं व योजनाएं

1. रासायनिक इतिहास की पुस्तकों को पढ़कर लेवोशिये का जीवन व प्रयोग करते हुए चित्र संकलित कर भित्ति पत्रिका पर लगाओ।
2. महर्षि कणाद, अरस्तु, लोमोनोसोव के चित्र बनाकर अपने-अपने कमरे पर लगाओ।

भ्यास प्रश्न

1. द्रव्यमान संरक्षण के नियम का उदाहरण देने के लिए निम्न पदार्थों का कौनसा युग्म प्रयोग करोगे :
   (अ) लाइम स्टोन व तनु अम्ल
   (ब) पोटेशियम क्लोरेट व मैंगनीज डाइऑक्साइड
   (स) सोडियम सल्फाइट व एक अम्ल
   (द) कापर सल्फेट व सोडियम हाइड्रॉक्साइड
   (इ) जिंक व सल्फ्यूरिक अम्ल ( )

2. द्रव्यमान संरक्षण के नियम के लिए निम्न प्रयोग कर सकते हैं
   (अ) पीला फॉस्फोरस एक डाट लगे फ्लास्क में जलायें।
   (ब) तप्त कापर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन प्रवाहित करें।
   (स) एक मोमबत्ती जलाकर सारे उत्पादों को तौल लें।
   (द) एक कोनिकल फ्लास्क में एक कार्बोनेट व एक अम्ल मिलावें।
   (इ) तप्त लैड ऑक्साइडों पर क्लोरीन गैस प्रवाहित करें। ( )

3. गे-लूसैक के नियम के कथन में कौनसा वाक्यांश सही प्रतीत होता है
   (अ) यदि आयतनों का मापन समान तापक्रम व दाब पर किया जाय।
   (ब) गैसों का बराबर आयतन।
   (स) अणुओं की संख्या बराबर होती है।
   (द) घनत्व के वर्गमूल का व्युत्क्रमानुपाती।
   (इ) उपर्युक्त वाक्यों में से कोई वाक्यांश नहीं। ( )

4. निश्चित अनुपात का नियम अध्ययन करने के लिए [illegible] को गर्म कर लेना चाहिए क्योंकि—
   (अ) यह बिल्कुल शुष्क हो जावे।
   (ब) CuO में पूरी तरह ऑक्सीकृत हो जावे।
   (स) Cu_2O से मुक्त हो जावे।
   (द) यह एक शुद्ध यौगिक है और दो ऑक्साइडों का [illegible] है।
   (इ) कार्बन डाइऑक्साइड से मुक्त है। ( )

5 50 मिली. ऑक्सीजन मे 50 मिली. हाइड्रोजन मिलाकर विद्युत स्फुलिंग किया।
(1) प्रयोगशाला के तापक्रम व (2) 110° सें. तापक्रम पर बनी हुई गैसो का आयतन होगा :
(अ) (1) 25 मिली (2) 50 मिली.
(ब) (1) 50 मिली. (2) 75 मिली.
(स) (1) 25 मिली. (2) 75 मिली.
(द) (1) 75 मिली. (2) 75 मिली
(इ) इन चारो युग्मों में से कोई भी नही। ( )

[उत्तर : 1—(द) 2—(अ) 3—(अ) 4—(अ) 5—(स)]

इकाई 5

गैसों के नियम

पूर्व इकाइयों में हमने प्रयोगों के आधार पर द्रव्य की कणीय रचना का अनुमान लगाया। इन कणों में परस्पर ममअन बल व ताप पर निर्भर गतिज ऊर्जा के परस्पर साम्य के अनुमान की सहायता से द्रव्य की सहायता से द्रव्य की अवस्था के परिवर्तनों को समझा।

गैसों द्वारा रासायनिक क्रिया के विषय में गे-लूसैक द्वारा ज्ञात किया गया नियम भी तुम पढ़ चुके हो। इस इकाई में हम इनके व्यवहार में अन्य नियमितताओं का अध्ययन करेंगे।

गैसों का साधारण व्यवहार किन कारकों पर निर्भर है ?

प्रयोग 1—एक बिना फुलाये गुब्बारे को तोल लो। इसमें कुछ हवा भर कर उसका मुह [illegible] कर उसे तोलो। तुम देखोगे कि इसकी संहति बढ़ जाती है। अब इसमें और अधिक हवा भर कर पुन तोलो। संहति में और अधिक वृद्धि हो जाती है तथा गुब्बारे की कठोरता बढ़ जाती है। इसी प्रकार अधिक वायु भरते रहने पर एक सीमा तक गुब्बारे का आयतन [illegible] तथा संहति बढ़ती जाती है। इससे अधिक वायु भरने पर गुब्बारा फूट जाता है।

प्रयोग 2—एक तंग मुंह वाली शीशी के मुंह पर बिना फुलाया गुब्बारा [illegible]। अब [illegible] शीशी को गर्म पानी में रखो। तुम देखोगे कि गुब्बारा फूल जाता है। अब [illegible] रखो। तुम पाओगे कि गुब्बारा पिचक जाता है अर्थात ताप के परिवर्तन [illegible] आयतन में अन्तर आ जाता है।

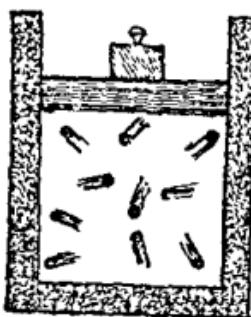
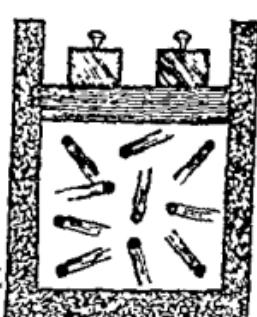
5.1 इस प्रकार हम इन अवलोकनों से यह निष्कर्ष निकालते हैं कि गैसों [illegible] चार कारक प्रभावित करते हैं—

(1) गैस की संहति (2) आयतन (3) दाब (4) ताप।

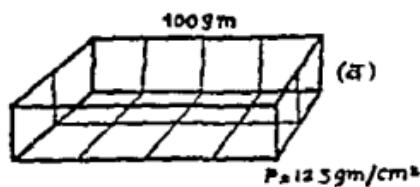
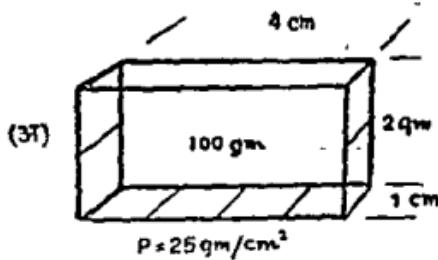
इससे पूर्व कि इन कारकों के प्रभावों का अध्ययन करने के लिए कुछ प्रयोग [illegible] कणीय रचना की दृष्टि से इनका तात्पर्य व सम्भावित प्रभाव समझने का प्रयत्न करें?

गैस की संहति

मान लो किसी पिस्टन लगे पात्र में कुछ गैस भरी गई है। इसमें [illegible]
[illegible]

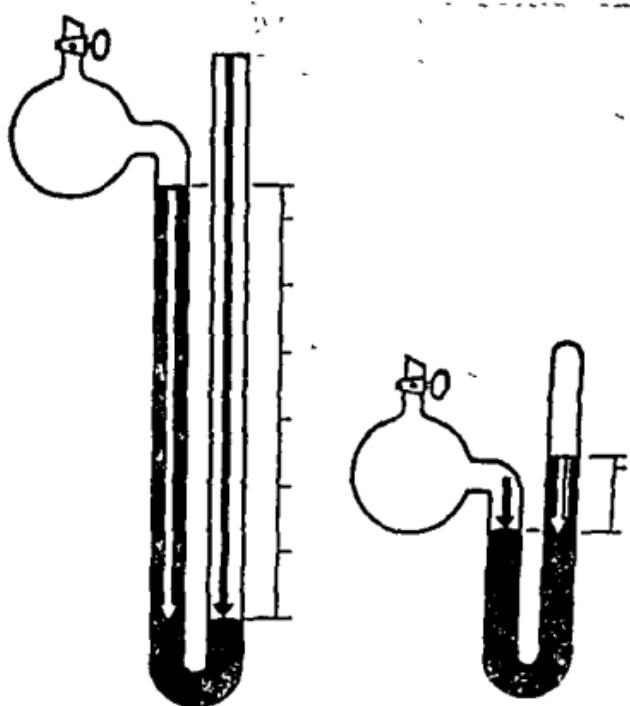
अणु हो जाने चाहिए। इस प्रकार गैस की संहति बढ़ने का अर्थ है उसके अणुओं की संख्या बढ़ा देना।

चित्र 51—गैस की संहति बढ़ाने पर अणुओ की संख्या बढ़ती है।

गैस का दाब

तुम भौतिकी में बल व दाब के अन्तर को समझ चुके हो। जब बल निश्चित बिन्दु पर न लगकर किसी क्षेत्र पर लगता है तब इस बल के प्रति इकाई क्षेत्र पर प्रभाव को दाब कहते हैं। चित्र

100 ग्राम के भार द्वारा डाला गया दाब
(अ) $25\ gm/cm^2$
(ब) $12.5\ gm/cm^2$
(स) जब केवल दो इकाई क्षेत्रफल पर 100 gm बल कार्य करे तो दाब कितना होगा?

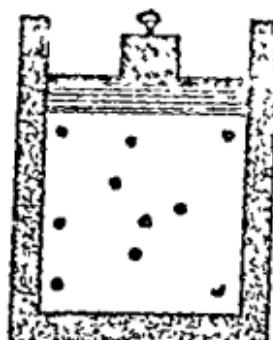
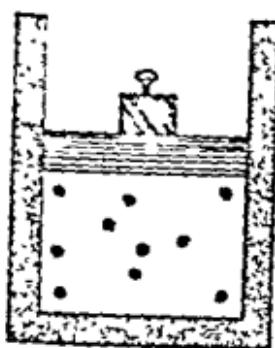
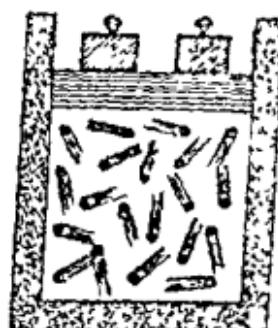
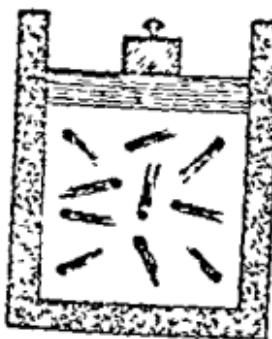
चित्र 52—क्षेत्रफल बदलने पर दाब बदल जाता है।

जैसा चित्र 5.5 (अ) में दर्शाया गया है। इस प्रकार यदि ताप बढ़ाया जाये और बाहरी दाब अपरिवर्तित रहे तो आयतन में वृद्धि होगी।

दूसरी सम्भावना है कि हम आयतन परिवर्तित न होने दें। इसके लिए हमें बाहरी दाब बढ़ाना पड़ेगा। चित्र 5.5 (ब) में अणुओं की बढ़ी हुई गति को दर्शाते हुए पहले जितना आयतन रखने के लिए अतिरिक्त बाहरी दाब बढ़ाना प्रदर्शित है।

चित्र 5.4—मैनोमीटर

गैस का आयतन

तुम्हें ज्ञात है कि गैसों का आयतन पात्र के आयतन के अनुसार हो जाता है। चित्र 5.1 (अ) में पिस्टन रूपी पात्र में गैस लेने पर पात्र की क्षमता भी निश्चित नहीं है क्योंकि पिस्टन सरलता पूर्वक सरक सकता है। ऐसी परिस्थिति में गैस का आयतन क्या होगा ? यदि पिस्टन का भार नगण्य मान लें तो गैस के अणुओं द्वारा पिस्टन पर टकराव के कारण आन्तरिक दाब बाहरी वायुमंडल के दाब से अधिक होगा तो पिस्टन को सरसराकर पात्र में अधिक आयतन ग्रहण करना आरम्भ करेगी। परिणामस्वरूप पिस्टन से अणुओं का टकराव होता जायेगा और जिसके कारण आन्तरिक दाब घटने लगेगा। जब यह आन्तरिक दाब वायुमंडल के दाब के बराबर हो जायेगा तब साम्य अवस्था हो जायेगी। यह वायुमण्डलीय दाब पर गैस का आयतन कहलाएगा। यदि पिस्टन का भार नगण्य

न हो तथा इस पर अतिरिक्त भार रख दिये जाए तो ठोस का आयतन कम हो जायेगा, जब तक आंतरिक दाब बढ़कर बाहरी दाब के समान नहीं हो जाता।

चित्र 5 5—(अ) ताप बढ़ाने पर आयतन बढ़ता है।

चित्र 5 5—(ब) ताप बढ़ाने पर आयतन स्थिर रखने के लिए दाब बढ़ाना होगा।

ताप का प्रभाव

ताप बढ़ाने पर, जैसा पहले तर्क किया जा चुका है, अणुओं की गति बढ़ाने के परिणाम स्वरूप आंतरिक दाब बढ़ेगा और बाहरी दाब स्थिर रखने पर आयतन में वृद्धि होगी या आयतन में वृद्धि न होने देने के लिए दाब में वृद्धि करनी होगी।

इस प्रकार हम देखते हैं कि आण्विक रचना के आधार पर गैस का आयतन दाब, ताप तथा प्रकृति पर निर्भर होना चाहिए। इस निष्कर्ष की जांच के लिए चित्र 5.7 के अनुसार 10 या 15 मिली. की पिचकारी को एक ज्ञात आयतन वाले फ्लास्क में लगाओ। इस उपकरण में तुम चारों कारकों को सरलतापूर्वक नियंत्रित कर सकते हो।

ताप : बाहरी पात्र में गर्म या ठंडा जल डालकर गैस का ताप घटाया या बढ़ाया जा सकता है।

दाब : पिस्टन पर लगे प्लेटफार्म पर ज्ञात भार रखकर बाहरी दाब में अपेक्षित परिवर्तन किये जा सकते हैं।

आयतन : पिचकारी के बाहरी बेलन में लगे आयतन के सूचक चिह्नों पर पिस्टन के निचले भाग के स्थान के अनुसार पिचकारी का गैस के आयतन में फ्लास्क का आयतन जोड़ कर गैस का पूर्ण आयतन ज्ञात कर सकना।

सहति . स्टाप कॉक वाली नली द्वारा गैस की मात्रा बढ़ाई या घटाई जा सकती है।

जब किसी अध्ययन में अनेकों कारक प्रभावकारी होते है (जैसे तुम गैसो के व्यवहार मे देखते हो) तब वैज्ञानिक इनके प्रभावो को निश्चितता व स्पष्टता पूर्वक ज्ञात करने के लिए क्रमशः एक-एक कारक मे परिवर्तन करके अन्य कारको को स्थिर रखते हुए चयनित कारक के प्रभाव का अध्ययन करते हैं।

उदाहरण के लिए हम उपरोक्त कारकों में से निश्चित सहति की गैस लेकर ताप स्थिर रखते हुए गैस के आयतन पर दाब के प्रभाव का अध्ययन करते हैं।

5·2 स्थिर ताप पर निश्चित मात्रा की गैसों के आयतन व दाब के सम्बन्ध

फ्लास्क मे वायु या कोई अन्य गैस लेकर विभिन्न ज्ञात अतिरिक्त भार रखकर आयतन के परिवर्तन अंकित कर लो। सारणी 5.1 मे उदाहरण के लिए कुछ आकड़े सकलित है :

अ—फ्लास्क का आयतन = 20 मिली.

ब—वायुमडल का दाब = 75 सेमी.

सारणी 5.1

न	आयतन		दाब			
क्र स	पिस्टन की स्थिति (अ) मिली.	गैस का कुल आयतन अ + ब = (V) मिली.	पिस्टन पर रखे भार (स) ग्राम*	सिरिंज का कुल क्रॉस सैक्शन (cm^2) (द)	बाहरी दाब (P)$_g$/cm^2 (स + द)	P × V
1	5	5 + 20 = 25	0	1cm²	0 + 75 × 13 6	25500
2	5	5 + 20 = 25	20	1cm²	20 + 75 × 13 6	25450
3	5	5 + 20 = 225	40	1cm²	40 + 75 × 13·6	25600
4	5	5 + 20 = 25	100	1cm²	100 + 75 × 13·6	25550

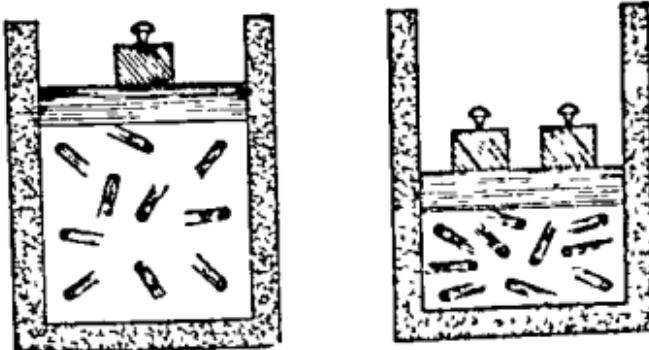
*पिस्टन को नगण्य मानकर

सारणी मे तुम देखते हो कि दाब तथा आयतन का गुणनफल लगभग अपरिवर्तित रहता है। गणित की भाषा मे इसे इस प्रकार लिखते है :

$P \times V = K$ (अर्थात K कोई नियताक) . . . (5 1)

या $P = \frac{K}{V}$

या $P \propto \frac{1}{V}$ $(t \propto m)$ . . . (5.2)

अर्थात् स्थित ताप पर किसी गैस की निश्चित मात्रा का आयतन उसके दाब का व्युत्क्रमानुपाती होता है (चित्र 5.6)।

चित्र 5.6—स्थिर ताप पर आयतन व दाब का सम्बन्ध

रॉबर्ट बॉयल

(1627–1691—ब्रिटिश)

कुशाग्र बुद्धि वाले प्रकृति से ही दार्शनिक रॉबर्ट बॉयल का छह भाषाओं पर नियन्त्रण था। आपको आधुनिक रसायन विज्ञान का जन्मदाता कहा जाता है। यद्यपि उनका प्रिय विषय रसायन विज्ञान था तथापि उन्होंने भौतिक शास्त्र के क्षेत्र में भी उच्च कोटि की उपलब्धियां प्राप्त की हैं। उनका सार्वभौमिक गैस नियम, जिसके साथ उनका नाम जुड़ा हुआ है, ध्वनि के प्रसारण में वायु का योगदान तथा उनका विशिष्ट गुरुत्व पर कार्य, उनकी ऐसी उपलब्धियों के उदाहरण हैं।

1660 में रॉबर्ट बॉयल ने अनेकों गैसों पर प्रयोग करने पर [illegible] ताप, उपरोक्त मात्रात्मक सम्बन्ध हमेशा ठीक पाया गया। यह सम्बन्ध बॉयल [illegible]

इस नियम के अनुसार किसी गैस की निश्चित मात्रा के लिए [illegible] ( )

$P_1 V_1 = P_2 V_2$.

इस सम्बन्ध की सहायता से गैसों के सम्बन्ध में उपयोगी [illegible] नाइट्रोजन गैस के एक नमूने का आयतन 25° से. पर 30 मिली. है [illegible] दाब 100 मिमी. बढ़ाने पर इसका आयतन कितना हो जायेगा?

$P_1 = 750$ मिमी. $\quad P_2 = 750 + 100$ मिमी

$V_1 = 30$ मिली. $\quad V_2 = ? \quad = 850$

(750 मिमी.) × (30 मिली.) = 850 मिमी × (V_2 मिली.)

$$\frac{(750 \text{ मिमी.}) \times (30 \text{ मिली.})}{(800 \text{ मिली.})} = A_2$$

$$26.4 \text{ मिली.} = A_2$$

5·3 अब दाब को स्थिर रखकर आयतन पर ताप के प्रभाव का अध्ययन करते हैं। चित्र 5.7 मे दर्शाए उपकरण में पहले की भांति अन्य कोई गैस लेकर पिस्टन पर कोई भी, निश्चित अतिरिक्त भार रखकर पिस्टन व सिलिण्डर में पिस्टन की स्थिति अंकित कर लो। इस समय दोनों थर्मामीटरों मे ताप पढ लो। यह समान होगा जो यह दर्शाता है कि फ्लास्क की गैस तथा बाहरी पात्र में ताप समान है। अब साइफन से कुछ जल निकालकर उसके स्थान पर अधिक ताप वाला जल डालो और भली प्रकार विलोडन करो जब तक पुन दोनों थर्मामीटर मे समान ताप अंकित न हो जाय। इस समय पिस्टन की स्थिति पढ लो। इसी प्रकार विभिन्न तापों पर गैस के आयतन अंकित कर लो।

चित्र 5.7—चार्ल्स के नियम का सत्यापन

चित्र 5.8—गैस के आयतन व ताप में सम्बन्ध
(सेंटीग्रेड स्केल पर)

आयतन व ताप का ग्राफ खीचने पर तुम पाओगे कि यह बिन्दु एक सरल रेखा मे है जैसा चित्र 5.8 में दर्शाया गया है। फ्लास्क मे कोई भी गैस लेने पर इसी प्रकार का सम्बन्ध प्राप्त होता है।

1785 मे फ्रेंच वैज्ञानिक चार्ल्स ने इस सम्बन्ध का सर्वप्रथम अध्ययन किया।

अनेकों गणनाओं व सूक्ष्म निरीक्षणों के परिणामों से उन्होंने पाया कि **स्थिर दाब पर किसी नियत मात्रा की गैस का ताप 1° सें. परिवर्तित करने पर इस गैस के आयतन में उसके 0° सें. के आयतन के 1/273 भाग की वृद्धि हो जाती है।**

मान लो किसी निश्चित दाब पर नियत सहति गैस का आयतन V_o मिली. है तो इसका ताप 1° सें. परिवर्तित करने पर चार्ल्स के अनुसार—

V_{o1} सें. (1° सें. पर गैस का आयतन $\quad = V_o + \frac{V_o}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{1}{273}\right)$

V_{o2} सें. (2° से पर गैस का आयतन) $\quad = V_o + \frac{V_o}{273} + \frac{V_o}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{2}{273}\right)$

V_{ot} सें. (t° सें. पर गैस का आयतन) $\quad = V_o + \frac{V_o t}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{t}{273}\right)$ ......(54)

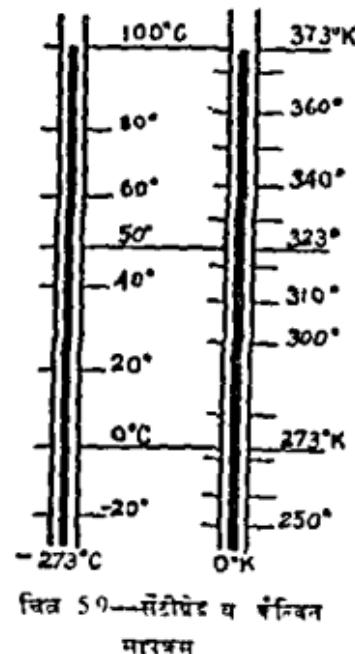
चार्ल्स द्वारा ज्ञात यह नियमितता चार्ल्स का नियम कहलाती है।

इस सम्बन्ध की सहायता से या चित्र 5.8 मे दिये गये ग्राफ को ध्यान में रखकर कल्पना करो कि गैस का ताप कम करते जाने पर क्या होगा? इसके लिए ग्राफ के बिन्दुकित भाग पर ध्यान दो। पर गैस का आयतन कितना रह जायेगा? शून्य? अर्थात् क्या गैस रहेगी ही नहीं? यथार्थ में इतना ताप पहुचने के पहले ही सभी गैसे द्रव व ठोस अवस्था में परिवर्तित हो जाती हैं तथा उनका व्यवहार गैसों के लिए चार्ल्स द्वारा ज्ञात नियम के अनुसार नही रहता।

चित्र 5.9—सेंटीग्रेड व केल्विन मापक्रम

परम ताप को लॉर्ड केल्विन ने चार्ल्स की खोज के लगभग 60 वर्ष पश्चात परम शून्य (Absolute Zero) मानकर परम ताप मापक्रम (Absolute Temperature Scale) प्रस्तावित किया। यह मापक्रम केल्विन मापक्रम (Kelvin Scale) भी कहलाता है। चित्र 5.9 में दोनों मापक्रमों मे सम्बन्ध स्पष्ट है कि t° सें $+ 273 = T^\circ$ (Absolute)।

इसे केवल T द्वारा प्रदर्शित करते है। परम शून्य पर एक आदर्श गैस* (Ideal gas) के अणुओं की गति शून्य हो जाना माना जाता है तथा इसे द्रव्य की निम्नतम ऊर्जा की व्यवस्था मानते हैं।

चित्र 5.10 में परम ताप मापक्रम के अनुसार गैस के आयतन ताप से ग्राफ प्रदर्शित है।

---

* आदर्श गैस की कल्पना में अणुओं का आयतन व पारस्परिक आकर्षण नगण्य है तथा ताप को परम शून्य के निकट घटाने पर भी यह द्रवित नहीं होती। यह चार्ल्स के नियम को इस रूप में रखने से गैसों के आयतनों की गणना करना अत्यन्त सरल हो गया है। उदाहरण के लिए 20° सें. पर 30 मिली कार्बन डाइऑक्साइड का आयतन 0° सें ताप पर कितना हो जायगा? यहाँ—

$V_1 = 30$ मिली $\qquad T_1 = 20 + 273 = 239$

$V_2 = ?$ मिली $\qquad T_2 = 0 + 273 = 273$

$$\frac{30 \text{ मिली}}{V_2 \text{ मिली}} = \frac{293}{273}$$

$$V_2 = \frac{273}{293} \times 30 \text{ मिली}$$

$$= 29.6 \text{ मिली}$$

5·3 अब दाब को स्थिर रखकर आयतन पर ताप के प्रभाव का अध्ययन करते हैं। चित्र 5.7 में दर्शाए उपकरण में पहले की भांति अन्य कोई गैस लेकर पिस्टन पर कोई भी निश्चित अतिरिक्त भार रखकर पिस्टन व सिलिण्डर में पिस्टन की स्थिति अंकित कर लो। इस समय दोनों थर्मामीटरों में ताप पढ़ लो। यह समान होगा जो यह दर्शाता है कि फ्लास्क की गैस तथा बाहरी पात्र में ताप समान है। अब साइफन से कुछ जल निकालकर उसके स्थान पर अधिक ताप वाला जल डालो और भली प्रकार विलोडन करो जब तक पुनः दोनों थर्मामीटर में समान ताप अंकित न हो जाय। इस समय पिस्टन की स्थिति पढ़ लो। इसी प्रकार विभिन्न तापों पर गैस के आयतन अंकित कर लो।

चित्र 5.7—चार्ल्स के नियम का सत्यापन

चित्र 5.8—गैस के आयतन व ताप में सम्बन्ध (सेंटीग्रेड स्केल पर)

आयतन व ताप का ग्राफ खींचने पर तुम पाओगे कि यह बिन्दु एक सरल रेखा में है जैसा चित्र 5.8 में दर्शाया गया है। फ्लास्क में कोई भी गैस लेने पर इसी प्रकार का सम्बन्ध प्राप्त होता है।

1785 में फ्रेंच वैज्ञानिक चार्ल्स ने इस सम्बन्ध का सर्वप्रथम अध्ययन किया।

अनेकों गणनाओं व सूक्ष्म निरीक्षणों के परिणामों से उन्होंने पाया कि **स्थिर दाब पर किसी नियत मात्रा की गैस का ताप 1° सें. परिवर्तित करने पर इस गैस के आयतन में उसके 0° सें. के आयतन के 1/273 भाग की वृद्धि हो जाती है।**

मान लो किसी निश्चित दाब पर नियत सहति गैस का आयतन V_o मिली. है तो इसका ताप 1° सें. परिवर्तित करने पर चार्ल्स के अनुसार—

V_{o1} सें. (1° सें. पर गैस का आयतन $= V_o + \frac{V_o}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{1}{273}\right)$

V_{o2} सें (2° से पर गैस का आयतन) $= V_o + \frac{V_o}{273} + \frac{V_o}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{2}{273}\right)$

V_{ot} सें (t° सें. पर गैस का आयतन) $= V_o + \frac{V_o t}{273}$ या $V_o\left(1+\frac{t}{273}\right)$ ......(5 4)

चार्ल्स द्वारा ज्ञात यह नियमितता चार्ल्स का नियम कहलाती है।

इस सम्बन्ध की सहायता से या चित्र 5.8 में दिये गये ग्राफ को ध्यान में रखकर कल्पना करो कि गैस का ताप कम करते जाने पर क्या होगा ? इसके लिए ग्राफ में बिन्दुकित भाग पर ध्यान दो। पर गैस का आयतन कितना रह जायेगा ? शून्य ? अर्थात् क्या गैस रहेगी ही नहीं ? यथार्थ में इतना ताप पहुंचने के पहले ही सभी गैसें द्रव व ठोस अवस्था में परिवर्तित हो जाती हैं तथा इनका व्यवहार गैसों के लिए चार्ल्स द्वारा ज्ञात नियम के अनुसार नहीं रहता।

परम ताप को लॉर्ड कैलविन ने चार्ल्स की खोज के लगभग 60 वर्ष पश्चात परम शून्य (Absolute Zero) मानकर परम ताप मापक्रम (Absolute Temperature Scale) प्रस्तावित किया। यह मापक्रम केलविन मापक्रम (Kelvin Scale) भी कहलाता है। चित्र 5.9 में दोनों मापक्रमों में सम्बन्ध स्पष्ट है कि t° सें $+ 273 = T^\circ$ (Absolute)।

इसे केवल T द्वारा प्रदर्शित करते हैं। परम शून्य पर एक आदर्श गैस* (Ideal gas) के अणुओं की गति शून्य हो जाना माना जाता है तथा इसे द्रव्य की निम्नतम ऊर्जा की अवस्था मानते है।

100°C | 373°K
80° | 360°
60° | 340°
50° | 323°
40° | 310°
20° | 300°
0°C | 273°K
-20° | 250°
-273°C | 0°K

चित्र 5.9—सेंटीग्रेड व केल्विन मापक्रम

चित्र 5.10 में परम ताप मापक्रम के अनुसार गैस के आयतन ताप से ग्राफ प्रदर्शित है।

---

* आदर्श गैस की कल्पना में अणुओं का आयतन व पारस्परिक आकर्षण नगण्य है तथा ताप को परम शून्य के निकट घटाने पर भी यह द्रवित नहीं होती। यह चार्ल्स के नियम को इस रूप में रखने में गैसों के आयतनों की गणना करना अत्यन्त सरल हो गया है। उदाहरण के लिए *20° सें. पर 30 मिली कार्बन डाइऑक्साइड का आयतन 0° सें ताप पर कितना हो जायगा ?* यहां—

$V_1 = 30$ मिली. $\qquad T_1 = 20 + 273 = 239$

$V_2 = ?$ मिली. $\qquad T_2 = 0 + 273 = 273$

$$\frac{30 \text{ मिली}}{V_2 \text{ मिली}} = \frac{293}{273}$$

$$V_2 = \frac{273}{}$$

चित्र 5.10—गैस के आयतन व ताप में सम्बन्ध

गणित की भाषा में इस प्रकार रखा जाता है :

$$V \propto T \qquad \ldots(5.5)$$

V = आयतन (T = परम ताप = t° सें. + 273)

या $V = k' T$ (यह k' बॉयल के नियम से भिन्न है)

या $\frac{V}{T} = k'$

अर्थात् स्थिर दाब पर निश्चित मात्रा की गैस का आयतन उसके परम ताप के समानुपाती होता है। यह चार्ल्स के नियम का ही दूसरा रूप है। इस नियम के अनुसार समीकरण 5.4 से भी यह सम्बन्ध प्राप्त कर सकते हैं।

क्योंकि

t_1 ताप पर आयतन $V_1 = V_o\left(1 + \frac{t_1}{273}\right) = V_o\left(\frac{273 + t_1}{273}\right) \qquad \ldots(i)$

तथा t_2 ताप पर आयतन $V_2 = V_o\left(1 + \frac{t_2}{273}\right) = V_o\left(\frac{273 + t_2}{273}\right) \qquad \ldots(ii)$

(i) व (ii) को भाग देने पर

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_o\,(273 + t_1)}{273} \times \frac{273}{V_o(273 + t_2)}$$

$$= \frac{273 + t_1}{273 + t_2}$$

$$= \frac{T_1}{T_2} \qquad \ldots(5.6)$$

5.4 क्या इन दोनों नियमों को सम्बन्धित करना सम्भव है ?

मान लो किसी गैस का आयतन V_1, ताप T_1 व दाब P_1 है। हम पहले इसके आयतन में स्थिर ताप पर दाब में P_1 से P_2 परिवर्तन करके आयतन V_t प्राप्त करते हैं।

क्योंकि यह परिवर्तन स्थिर ताप पर किया गया है। अतएव बायल के नियम के अनुसार—

$$P_1 V_1 = P_2 V_t$$

या

$$V_t = \frac{P_1 V_1}{P_2} \qquad \ldots(5.7)$$

अब दाब को स्थिर रखते हुए ताप में T_1 से T_2 (Absolute Scale) परिवर्तन करके आयतन V_2 प्राप्त करते हैं। इस परिवर्तन के लिए चार्ल्स के नियम के अनुसार

$$\frac{V_t}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

या $$V_t = \frac{T_1}{T_2} V_2 \qquad \ldots (5.[illegible]$$

समीकरण 5.7 से V_t का मान समीकरण 5.8 में रखने पर—

$$\frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} V_2$$

या $$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \qquad \ldots (5.[illegible]$$

इस संबंध को गैस समीकरण कहते हैं। इसकी सहायता से गैसों के आयतन, ताप व दाब [illegible] परिवर्तनों की गणना करते हैं। उदाहरण के लिए—

30 मिली. हाइड्रोजन गैस का ताप 100° सें. व दाब 75 सेमी. है। 50° सें तक ठण्डा करने [illegible] 76 सेमी. दाब पर लाने पर इस गैस का आयतन कितना होगा ?

$P_1 = 75$ सेमी $\qquad P_2 = 76$ सेमी

$V_1 = 30$ मिली $\qquad V_2 = ?$ मिली

$T_1 = 100 + 273 = 373°$ के $\qquad T_2 = 50 + 273 = 323°$ के

$$\frac{75 \text{ सेमी} \times 30 \text{ मिली}}{373° \text{ के}} = \frac{76 \text{ सेमी} \times V_2}{323° \text{ के}}$$

$$\therefore V_2 = \frac{323° \text{ के} \times 75 \text{ सेमी} \times 30 \text{ मिली}}{373° \text{ के} \times 76 \text{ सेमी}}$$

$$= 26{\cdot}6 \text{ मिली}.$$

5.5 अभी तक हमारे अध्ययन केवल एक गैस के आयतन, दाब, आदि के परिवर्तनों [illegible] सम्बन्धित थे। किन्तु दैनिक रसायन में बहुधा अनेक गैसों के मिश्रण के व्यवहार का अनुमान लगा[illegible] का प्रयत्न करो।

गैसों की आण्वीय प्रकृति पर यह अपेक्षित है कि किसी बंद पात्र में दो प्रकार के अ[illegible] मिला देने पर (यदि उनमें रासायनिक क्रिया न होती हो) उनका दीवारों पर टकराव द्वारा प्रभा[illegible] के अलग-अलग टकरावों के योग के बराबर होगा। अतएव, उनके द्वारा लगाया आंशिक दाब भी [illegible] के अलग-अलग दाबों के योग के बराबर होना चाहिए। चित्र 5.11 में यह प्रदर्शित किया गया है [illegible] मानलो एक फ्लास्क में ऑक्सीजन का दाब 30 सेमी. है तथा बराबर आयतन वाले दूसरे फ्लास्क [illegible] हाइड्रोजन का दाब 50 सेमी. है जैसा छोटे से मीटर में अंकित है। इन दोनों गैसों को मिला कर [illegible] फ्लास्क जितने आयतन में रखने पर तुम देखोगे कि अब मीटर में कुल दाब 80 सेमी प्रदर्शित [illegible] अतएव,

मिश्रण का कुल दाब = हाइड्रोजन का आंशिक दाब (partial pressure)

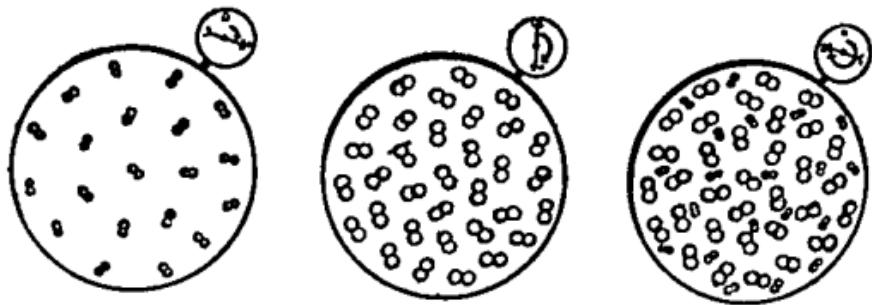
+ ऑक्सीजन का आंशिक दाब (partial pressure)

P (मिश्रण) = p (हाइड्रोजन) + p (ऑक्सीजन)

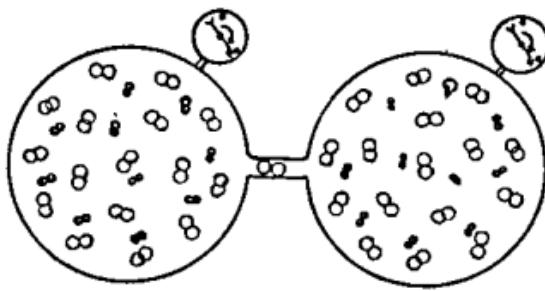
[illegible]

मिश्रण का दाब उनके आंशिक दाबों के योग के बराबर होता है। अवयवी गैसों का आंशिक दाब वह दाब होता है जो पात्र में केवल उसी गैस के रहने पर होता।

इसे गणित की भाषा मे इस प्रकार लिख सकते हैं—

P(मिश्रण) = $p_1 + p_2 + p_3 + \ldots \ldots$ (5.10) यहां P (मिश्रण) मिश्रण का दाब व p_1, p_2, p_3, इत्यादि, अवयवी गैसों के आंशिक दाब हैं।

चित्र 5.11—डाल्टन के आंशिक दाब के नियम को आण्विक दृष्टि से दर्शाना

चित्र 5.12 में चित्र 5.11 मे लिये गये पात्रों को जोड कर गैसों को मिश्रित किया गया है जब कि चित्र 5.11 मे यह मिश्रण एक ही पात्र मे लिया गया था जिसका आयतन पात्र अ या ब के बराबर था। अब तुम कितना दाब देखते हो ? क्या कारण है कि पहले आंशिक दाबों का योग 80 सेमी. के स्थान पर 40 सेमी. रह जाता है ? क्या डाल्टन के नियम में त्रुटि है ?

चित्र 5.12—गैस मिश्रण जुड़े हुए पात्रों में

ध्यानपूर्वक देखने पर तुम पाओगे कि अब मिश्रण वाले पात्र का आयतन अवयवी गैसों के पात्रों के आयतन का दुगना हो गया है। दूसरे शब्दो में दोनो अवयवी गैसो के लिए भी आयतन दुगना कर दिया गया है। अतएव, उनका आंशिक दाब बॉयल नियम के अनुसार आधा रह जाता है। अर्थात्, यदि इस जुडे हुए पात्र में केवल ऑक्सीजन रह जाय तो उसका दाब अब केवल 15 सेमी. होगा तथा केवल हाइड्रोजन का दाब 25 सेमी. रह जायगा। अतएव, उनका योग 40 सेमी. ही मिश्रण दाब प्रदर्शित होता है।

डाल्टन द्वारा प्रतिपादित आंशिक दाब के नियम की सहायता प्रयोगशाला मे जल विस्थापन द्वारा संग्रहित गैसो के शुद्ध दाब की गणना का उदाहरण यहा लेते हैं।

750 मिमी. दाब व 160° सें. ताप पर 20 मिली. हाइड्रोजन जल विस्थापन की रीति से

संग्रहित की गई है। यदि इस ताप पर जलवाष्प दाब (Aqueous Tension) 13·5 मिमी. हो तो शुष्क हाइड्रोजन का दाब कितना होगा ?

नम हाइड्रोजन का अवलोकित दाब = शुष्क हाइड्रोजन का आंशिक दाब + वाष्प का आंशिक दाब

$$P \text{ (अवलोकित)} = p \text{ हाइड्रोजन} + p \text{ (जल वाष्प)}$$

$$750 \text{ मिमी} = p \text{ (हाइड्रोजन)} + 13{\cdot}5$$

शुष्क हाइड्रोजन का दाब p (हाइड्रोजन) = 736·5 मिमी

तुमने उपरोक्त अनेको उदाहरणो से देखा कि गैस के अनेको ताप, दाब व आयतन हो सकते हैं। इस कारण के लिए एक मानक ताप व दाब मान लिया गया है जिस पर दिये गये आयतनों की तुलना व उपयोग सुविधाजनक रहता है। वह 76 सेमी दाब व 0° सें (या 273° के.) माने गये हैं। इसे Normal Temperature and Pressure, N.T P या Standard Temperature and Pressure, S.T.P. कहते हैं।

गैस सम्बन्धी गणनाओ मे बहुधा गैस समीकरण व डाल्टन के नियम का साथ-साथ उपयोग करते हैं।

उदाहरण

17° सें. व 760 मिमी. दाब पर 40 मिली. ऑक्सीजन जल विस्थापन द्वारा संग्रहित की गई। यदि 17° सें. पर जलवाष्प दाब 14 5 मिमी. हो तो मानक दाब व ताप पर इसका क्या आयतन होगा ?

नम ऑक्सीजन के लिए P = 760 मिमी = शुष्क ऑक्सीजन का दाब + जलवाष्प दाब

= p (ऑक्सी) + p (जलवाष्प)

∴ शुष्क ऑक्सीजन का दाब p (ऑक्सी) = 760 - 14·5 मिमी

= 745·5 मिमी

अब

	मानक दाब व ताप पर
$P_1 = 745\ 5$ मिमी	$P_2 = 769$ मिमी
$V_1 = 40$ मिली	$V_2 = ?$
$T_1 = 17 + 273 = 290°$ के	$T_2 = 273°$ के

गैस समीकरण मे ये आकडे स्थानान्तरित करने पर,

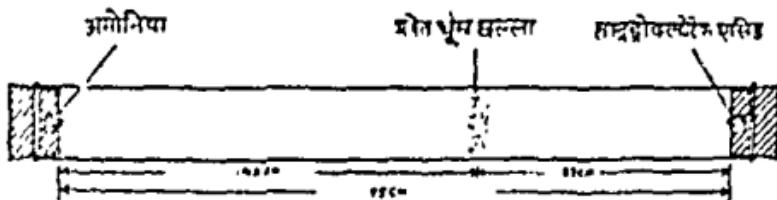
$$\frac{P_1\ V_1}{T_1} = \frac{P_2\ V_2}{T_2}$$

$$\frac{745{\cdot}5 \times 40}{290} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

$$\therefore\ V_2 = 32{\cdot}9 \text{ f}$$

5.6 गैसों में विसरण

प्रयोगशाला में क्लोरीन गैस बनाते समय तुमने देखा है कि कुछ समय पश्चात् इसकी गंध सारे कमरे में फैल जाती है। इसी प्रकार यदि कमरे में अमोनिया की बोतल खोलें तो सारे कमरे में उसकी गंध कुछ समय पश्चात फैल जाती है। इसका क्या कारण है ?

द्वितीय इकाई में तुमने पदार्थ की आण्विक प्रकृति का अध्ययन करते समय अमोनिया और हाइड्रोक्लोराइड गैस के कणों की गति का अध्ययन किया था (चित्र 5.13)। दोनों गैसों के

चित्र 5.13—NH_3 तथा HCl का विसरण

अणुओं की गति भिन्न है। गैसों में एक दूसरे के साथ मिलकर समांग (homogeneous) मिश्रण बनाने की प्रवृत्ति है जिसे विसरण कहते हैं। गैसों में विसरण उनकी आण्विक प्रकृति तथा अणुओं की गतिशीलता के कारण ही होती है। इस पर गुरुत्वाकर्षण का कोई प्रभाव नहीं होता है।

प्रयोग द्वारा गैसों में विसरण प्रदर्शन

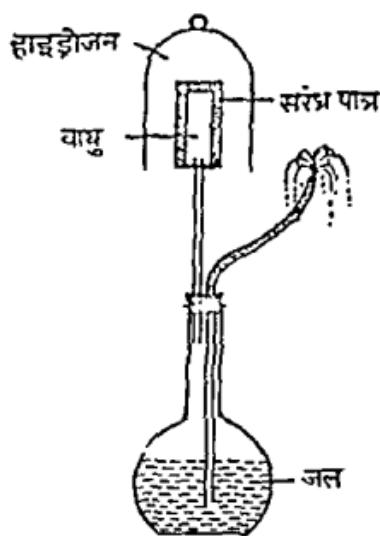
एक सरन्ध्र पात्र लो जिसमें रबर का कॉर्क और कांच की नली लगी हो। एक फ्लास्क में रंगीन जल भरकर उपकरण को चित्र 5.14 के अनुसार फिट कर लो। सरन्ध्र पात्र के ऊपर हाइड्रोजन गैस से भरे जार को लाने पर हम देखते हैं कि फ्लास्क से जल फुव्वारे के रूप में निकलने लगता है। इसका कारण क्या है ?

चित्र 5.14—गैसों में विसरण का प्रयोग

वायु हाइड्रोजन से लगभग 14 गुना भारी है। अतः वायु की अपेक्षा हाइड्रोजन का विसरण अति शीघ्र होता है। हाइड्रोजन के सरन्ध्र पात्र में विसरण के कारण सरन्ध्र पात्र एवं फ्लास्क में दाब बढ़ जाता है और जल फुव्वारे के रूप में फ्लास्क से निकलने लग जाता है।

व्यवहार में गैसों के इस गुण का उपयोग मार्श गैस सूचक के रूप में कोयले की खानों में खतरे से बचने के लिए किया जाता है।

ग्राहम का विसरण का नियम

टामस ग्राहम (1832) ने सर्वप्रथम गैसों की विसरण गति और उनके आपेक्षिक घनत्व में सम्बन्ध स्थापित किया। उन्होंने विभिन्न गैसों के विसरण की गतियां ज्ञात की और यह परिणाम निकाला कि "स्थिर

दाब व ताप पर गैसों की विसरण गतियाँ उनके आपेक्षिक घनत्वों के वर्गमूलों के व्युत्क्रमानुपाती होती हैं।" यह ग्राहम का गैस विसरण का नियम कहलाता है।

गणित के शब्दों में

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

(r गैस की विसरण गति एवं d घनत्व है)

यदि दो गैसों की विसरण गतियाँ r_1 और r_2 हों और आपेक्षिक घनत्व क्रमशः d_1 और d_2 हों तो ग्राहम के नियमानुसार

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}}$$

या $$r_1 = \frac{k}{\sqrt{d_1}} \text{ (k स्थिरांक है)} \qquad \ldots(1)$$

इसी प्रकार $$r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}}$$

या $$r_2 = \frac{k}{\sqrt{d_2}} \text{ (k स्थिरांक है)} \qquad \ldots(2)$$

समीकरण (1) में (2) का भाग देने पर

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \ldots\ldots(3)$$

यदि प्रथम गैस का v_1 आयतन t_1 सैकिण्ड में और द्वितीय गैस का v_2 आयतन t_2 से में विसरित होता है तो

$$r_1 = \frac{v_1}{t_1}$$

और $$r_2 = \frac{v_2}{t_2} \qquad \ldots\ldots(4)$$

समीकरण (3) में r_1 और r_2 का मान रखने पर

$$\frac{v_1/t_1}{v_2/t_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

या $$\frac{v_1 t_2}{v_2 t_1} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \ldots\ldots(5)$$

यदि दोनों गैसों का समान आयतन t_1 और t_2 समय में विसरित होता है तो

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \ldots\ldots(6)$$

यदि आयतन v_1 और v_2 एक ही समय में विसरित होते हैं तो

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \ldots\ldots(7)$$

सारणी 5.2 में विभिन्न गैसों के विसरण की गतियां दी गई हैं तथा ग्राहम के नियम के अनुसार गणना करके अवलोकित व गणना द्वारा ज्ञात मानों की तुलना की गई है।

सारणी 5.2

गैस	आपेक्षिक घनत्व (हाइड्रोजन = 1)	अवलोकित विसरण गति (हाइड्रोजन = 1)	ग्राहम के विसरण नियम द्वारा गणना के अनुसार प्राप्त गति $\left(\frac{1}{\sqrt{\text{आपेक्षिक घनत्व}}}\right)$
हाइड्रोजन	1	1	1
मीथेन	8	0 35	0·35
कार्बन मोनोक्साइड	14	0·27	0·26
नाइट्रोजन	14	0 26	0 26
ऑक्सीजन	16	0 24	0·25
कार्बन डाइ-ऑक्साइड	22	0 21	0·21

विभिन्न गैसों की विसरण गति की भिन्नता का उपयोग

1. गैस मिश्रण के अवयवों को पृथक करने के लिए एक सरंध्र नली में गैसों का मिश्रण धीमे-धीमे प्रवाहित किया जाता है। कम घनत्व वाली गैस विसरण की गति अधिक होने के कारण सरंध्र नली की दीवारो से बाहर आ जाती है तथा वह एक बाहरी नली मे आ जाती है। संरध्र नली से अधिक घनत्व वाली गैस प्राप्त हो जाती है।

2. मार्श गैस सूचक

एक सरन्ध्र पात्र मे कार्क लगाकर एक नली द्वारा इसे पारे से भरी यू-नली से जोड़ देते हैं। यू-नली की दूसरी भुजा मे तांबे के तार पारे की सतह से ऊंचे लटके होते हैं। तारों का सम्बन्ध बिजली की घण्टी से होता है (चित्र 5.15)। प्रयोगशाला मे इस प्रयोग को प्रदर्शित करने के लिए सरन्ध्र पात्र के ऊपर हाइड्रोजन गैस से भरा जार उल्टा करके रखते हैं। हाइड्रोजन का, वायु से हल्की होने के कारण, सरन्ध्र पात्र मे विसरण होने लगता है और वह पारे की तह को दबाती है जिससे पारा दूसरी भुजा मे चढ़ने लगता है और विद्युत् घण्टी पारे एव ताबे के तारो के सम्पर्क मे आते ही बजने लग जाती है।

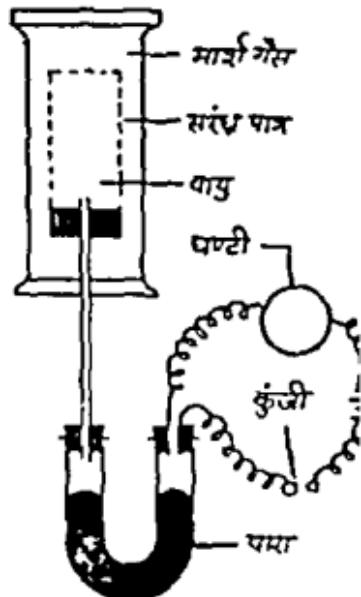
खानो मे इस प्रकार का उपकरण रखा रहने पर जब अचानक दरारो मे से ज्वलनशील गैसें निकलने लगती हैं तब यह घण्टी बज उठती है और खानो मे कार्य करने वाले सावधान हो जाते हैं।

3. ग्राहम के नियम द्वारा गैसों का आपेक्षिक घनत्व भी ज्ञात किया जाता है। उदाहरणार्थ 30 सेकण्ड में 16 मिली. हाइड्रोजन विसरित होती है। उसी ताप तथा दाब पर 30 सेकण्ड मे 2.8 मिली. सल्फर डाइऑक्साइड विसरित होती है। इस गैस के घनत्व की गणना हाइड्रोजन के घनत्व को इकाई मान कर करेंगे।

r_1 = हाइड्रोजन का प्रति सेकण्ड विसरित आयतन $= \frac{16}{30}$ मिली प्रति सेकण्ड

r_2 = प्रति सेकण्ड सल्फर डाइऑक्साइड का विसरित आयतन $= \frac{2.8}{30}$ मिली प्रति सेकण्ड

चित्र 5.15—मार्श गैस सूचक

अत,

$$r_1 = K\sqrt{\frac{1}{d_1}} = K\sqrt{\frac{1}{1}} \quad \ldots(i)$$ हाइड्रोजन के घनत्व को इकाई मानकर

$$r_2 = K\sqrt{\frac{1}{d_2}} \quad \ldots(ii)$$

(i) व (ii) को भाग देने पर

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{16}{30} \times \frac{30}{2.8} = \frac{K/\sqrt{d_1}}{K/\sqrt{d_2}}$$

$$\sqrt{d_2} = \frac{16}{1} \times \frac{1}{2.8}$$

या $$d_2 = \frac{(16)^2}{(2.8)^2} = 32.6$$

5·7 गैसों का निःसरण

किसी गैस का एक बन्द पात्र से [illegible] एक छिद्र द्वारा [illegible] निःसरण [illegible]। ग्राहम ने निःसरण द्वारा गैसों के [illegible] घनत्व और अणुभार [illegible]।

[illegible] निःसरणमापी द्वारा गैसों का [illegible] घनत्व का अणुभार [illegible] है। [illegible] (चित्र 5.16) [illegible]

नीचे का मुँह खुला रहता है और ऊपर एक टोंटी युक्त कीप लगी रहती है। कुप्पाकार कीप के भाग में एक पतली प्लैटिनम की प्लेट जिसके बीच में एक बारीक छिद्र होता है लगी रहती है।

चित्र 5.16—बुन्सन निःसरणमापी

नली को किसी ज्ञात गैस से भरकर जल से भरे जार में उलटाकर स्थिर कर देते हैं। टोंटी को खोलने पर गैस बारीक छिद्र से होकर वायु में निष्कासित होने लगती है और जल ऊपर चढ़ने लगता है। जल को X से Y तक पहुँचने में जो समय t_1 लगता है उसे नोट कर लेते हैं। इसी प्रकार जिस गैस का वाष्प घनत्व ज्ञात करना होता है उसे नली में भर कर निःसरण का समय t_2 ज्ञात कर लेते हैं। ग्राहम के नियमानुसार अज्ञात गैस का वाष्प घनत्व निम्न सूत्र से ज्ञात करते हैं—

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

यदि गैस जल में घुलनशील होती है तो जल के स्थान पर पारे का प्रयोग करते हैं।

पुनरावलोकन

पदार्थ की गैसीय अवस्था, अध्ययन करने के लिए सबसे सरल अवस्था होती है। इसका मात्रात्मक अध्ययन रसायनज्ञों के लिए अति आवश्यक तथा लाभदायक सिद्ध हुआ है क्योंकि गैसों के व्यवहार के अध्ययन से प्राप्त ज्ञान के आधार पर ठोस तथा पदार्थों के व्यवहार को भी अच्छी तरह समझा जा सकता है। गैसों के दाब, आयतन तथा तापक्रम में सम्बन्धित नियमितताओं का अध्ययन करने से गैसों की कणीय रचना ज्ञात हुई। अतः सभी गैसें छोटे-छोटे कणों की बनी होती हैं (Particulate Model of a Gas)। दूसरे शब्दों में, गैस का "माडल" इस प्रकार समझा जा सकता है : टीन धातु के एक डिब्बे में कुछ सीसे के छर्रे डालकर हिलाने से जो अवस्था प्राप्त होती है वह आन्तरिक अवस्था गैस का माडल है। इस माडल के आधार पर किसी भी गैस के निम्न तथ्यों को आसानी से समझा जाता है—

PV = स्थिरांक (यदि तापक्रम स्थिर रहे)

$\frac{V}{T}$ = स्थिरांक (यदि दाब स्थिर रहे)

$\frac{P}{T}$ = (स्थिरांक यदि आयतन स्थिर रहे)

$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 \ldots\ldots$

प्रयोगात्मक तथ्यो से प्राप्त गैसो का यह "माडल" गैसो के गतिज सिद्धान्त का आधार मूल है।

इस प्रकार के प्रयोगो से गैसो के बारे मे निम्न बाते ज्ञात हुई—

1. गैस छोटे-छोटे कणो से रचित होती है। इन कणो को अणु कहते हैं।
2. गैसो के अणु प्रत्येक दिशा में गतिमान रहते हैं। इनकी गति तापक्रम पर निर्भर रहती है।
3. गैस द्वारा प्रदर्शित दाब गैस के अणुओ का बर्तन के इकाई आयतन पर संगठन का मान होता है।
4. गैस के एक अणु का आयतन उसके सम्पूर्ण आयतन का नगण्य होता है।
5. गैस के अणुओं के बीच पर्याप्त रिक्त स्थान होता है।
6. गैस के अणुओं के बीच अतर्आकर्षण बल रहता है।
7. गैस को बहुत अधिक दबाने पर द्रव मे बदल जाती है।
8. परम शून्य तापक्रम पर गैसो का आयतन शून्य हो जाता है। इसका मान $-273°$ से होता है।

अध्ययन प्रश्न

1. गैसीय पदार्थों के उन गुणो का वर्णन करो जो ठोस तथा द्रवों से भिन्न होते हैं।
2. किस प्रकार से गैसो द्वारा दर्शाया गया दाब द्रवों द्वारा दर्शाये गये दाब से भिन्न होता है?
3. किन परिस्थितियो मे बॉयल तथा चार्ल्स का नियम सत्य होता है?
4. मानक दाब तथा ताप से तुम क्या समझते हो? किस प्रकार साधारण दाब व ताप को मानक दाब व ताप के समान कर सकते है?
5. परम ताप को प्राप्त करना कठिन है परन्तु इस ताप का ज्ञान हमे किस प्रकार हुआ संक्षेप मे लिखो।
6. सेंटीग्रेड ताप के किन्ही चार ताप को परम ताप स्केल मे बदलो।
7. बायल तथा चार्ल्स के नियम को मिलाकर सामूहिक रूप मे समीकरण द्वारा प्रकट करने का प्रयास करो। इस सामूहिक समीकरण के उपयोग भी लिखो।
8. डाल्टन के आंशिक दाब के नियम को पदार्थों की आन्तरिक रचना की सहायता से स्पष्ट करो।
9. क्या आयतन मे परिवर्तन लाये बिना किसी गैस के तापक्रम तथा दाब मे परिवर्तन लाना सम्भव है? स्पष्ट करो।
10. गैस के नियमो को निम्न समीकरणो मे दिया गया है—

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}, \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

कौनसा समीकरण कौनसा गैस नियम प्रदर्शित करता है?

11. 1·5 लीटर आयतन की हवा पिस्टन द्वारा एक बेलन में बन्द करने पर 20° सें. पर 3 00 वायुमण्डलीय दाब (3 × 760 मिमी. पारा) दर्शाती है। बिना तापक्रम बदले पिस्टन की अवस्था में परिवर्तन लाया गया तब दाब 1 वायुमण्डलीय हो गया। इस अवस्था में वायु का आयतन कितना होगा ?(4·5 litres)

12. एक स्कूटर के टायर में हवा का दाब 30 पौण्ड प्रति वर्ग इंच है। यदि यह मान लिया जाय कि आयतन तथा तापक्रम स्थिर रहता है तब उसके दाब को 40 पौण्ड प्रति वर्ग इंच करने के लिए तुम क्या करोगे ?

13. एक सिलिण्डर में 25° सें. पर नाइट्रोजन तथा जलवाष्प को रखा गया। (25° सें. पर जलवाष्प का दाब 23·8 मिमी.), । इसका दाब 600 मिमी. है। सिलिण्डर में यदि पिस्टन को दबाकर मिश्रण के आयतन को आधा कर दिया जाय तब नाइट्रोजन का दाब कितना होगा ?

14. निम्नलिखित के कारण सोचो—

(1) प्रायः नदी तथा झीलों के पेंदों से निकलने वाले हवा के बुलबुले का आयतन सतह पर आते-आते अधिक हो जाता है।

(2) वायुमण्डल में हाइड्रोजन से भरकर छोड़े गये गुब्बारे ऊपर जाते-जाते बड़े हो जाते हैं।

(3) गर्मी के मौसम में साइकिल में कम हवा भरी जाती है।

(4) वायु से भरे गब्बारे को गर्म पानी में डालने से आकार में बढ़ जाता है। प्रत्येक के कारण को गैस की कणीय रचना पर स्पष्ट करो।

(5) प्रेशर कुकर में खाना जल्दी पक जाता है।

प्रयोगशाला प्रश्न

एक 100 घन सेमी. की काच की पिचकारी लेकर इस इकाई में बतायी गई विधि के अनुसार कम से कम चार गैसों द्वारा बॉयल व चार्ल्स का नियम दोहराओ।

क्या सभी गैस समान व्यवहार करती हैं ? इससे तुम सभी गैसों की रचना के बारे में क्या अनुमान लगाते हो ?

अभ्यास प्रश्न

1. ऑक्सीजन की विसरण गति उसके अपरूप O_3 से कितना गुना तीव्र होती है—

(अ) 1 5.

(ब) 1·22.

(ग) 3.

(द) 1·5 × 1·5.

(इ) 0 66. ( )

2. हाइड्रोजन की विसरण गति ऑक्सीजन की अपेक्षा कितना गुना अधिक होती है और इसका उत्तर परिकलन करने के लिए कौनसा नियम प्रयोग करते हैं—

(अ) 16 ; गे-लुसैक का नियम।

(ब) 4 , एवोगैड्रो का नियम।

(ग) 16 , ग्रैहम का नियम।

इकाई 6

एवोगैड्रो की परिकल्पना

चौथी इकाई मे तुम पढ़ चुके हो कि किस प्रकार डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की दृष्टि से वैज्ञानिको का ध्यान गैसो में होने वाली रासायनिक क्रियाओ के अध्ययन की ओर आकर्षित हुआ तथा गे-लूसैक द्वारा गैस के आयतनो के सयोग का नियम ज्ञात किया गया।

बॉयल, चार्ल्स व डाल्टन के आंशिक दाब के नियमो के अध्ययन में तुम देख चुके हो कि सभी गैसो पर दाब व ताप का प्रभाव आश्चर्यजनक रूप से समान होता है जब कि ठोस व द्रव अवस्था में ऐसा नही होता।

गैसो के व्यवहार से मुख्यत. तीन प्रश्न सामने आते हैं—

1. तापक्रम, आयतन व दाब का प्रभाव गैसो मे समान क्यों होता है ?
2. गैस सरल अनुपात मे एक दूसरे से क्यों सयुक्त होती हैं ?
3. गैसो के आयतन मे रासायनिक क्रिया के कारण परिवर्तन क्यों आ जाता है ? जैसे 2 आयतन हाइड्रोजन 1 आयतन ऑक्सीजन से मिलकर 2 आयतन वाष्प क्यो बनाती है ?

जोन्स जेकब बर्जीलियस

(1779–1848—स्वीडिश)

जोन्स जेकब बर्जीलियस अपने समय के प्रमुख रासायनिक विशेषज्ञ थे। बर्जीलियस ने 50 विभिन्न तत्त्वों के परमाणु भार ज्ञात किये। उन्होने सेलेनियम (Selenium) तथा थोरियम (Thorium) नामक तत्त्वो की भी खोज की तथा रासायनिक संयोग के एक सिद्धान्त के भी वे निर्माता थे।

1 आयतन नाइट्रोजन, 3 आयतन हाइड्रोजन से मिलकर 2 आयतन अमोनिया कैसे बनाते आदि, आदि।

6·1 परमाणु सिद्धान्त के आधार पर इन्हें समझने के प्रयत्नों में स्वयं डाल्टन व बर्जी ने निम्न दो तथ्यों को ध्यान में रखकर परिकल्पना की कि एक ही दाब व ताप पर गैसों के आयतनों में परमाणुओं की संख्या समान होती है।

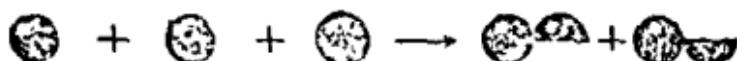
(1) परमाणु सिद्धान्त के अनुसार परमाणु सरल अनुपात में संयोग करते हैं।

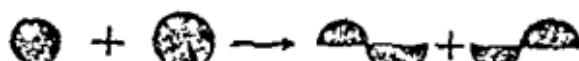
(2) गे-लूसैक के नियम के अनुसार गैसों के आयतन सरल अनुपात में संयोग करते हैं।

किन्तु इन परिकल्पनाओं से एक मनोरंजक असंगति आ उपस्थित हुई। उदाहरण के ऑक्सीजन व हाइड्रोजन के संयोग से जलवाष्प बनने की क्रिया लेते हैं।

गे-लूसैक के परिणामों के अनुसार हमें ज्ञात है कि

2 लीटर हाइड्रोजन + 1 लीटर ऑक्सीजन → 2 लीटर जलवाष्प

चूंकि तीनों गैसें समान ताप व दाब पर हैं अतः बर्जीलियस के नियमानुसार तीनों के समान आयतन में परमाणु की संख्या समान होनी चाहिए।

2 इकाई आयतन हाइड्रोजन   1 इकाई आयतन ऑक्सीजन   2 इकाई आयतन जलवाष्प

हाइड्रोजन   हाइड्रोजन   ऑक्सीजन   जलवाष्प   जलवाष्प

1 इकाई आयतन हाइड्रोजन   1 इकाई आयतन क्लोरीन   2 इकाई आयतन हाइड्रोजन क्लोराइड

चित्र 6.1—डाल्टन व बर्जीलियस की परिकल्पना के अनुसार जलवाष्प व हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस की रचना में उपस्थित असंगति

माना कि एक आयतन में n परमाणु हैं

अत:

2 n परमाणु हाइड्रोजन + n परमाणु ऑक्सीजन = 2 n परमाणु जलवाष्प

या 2 परमाणु हाइड्रोजन + 1 परमाणु ऑक्सीजन = 2 परमाणु जलवाष्प

या 1 परमाणु हाइड्रोजन + 1/2 परमाणु ऑक्सीजन = 1 परमाणु जलवाष्प

चित्र 6.1 में जलवाष्प का एक परमाणु अविभाज्य है किन्तु बिना परमाणु का विभाजन किये वर्जीलियस की परिकल्पना के आधार पर जलवाष्प के एक परमाणु की कल्पना करना कठिन है। इसी प्रकार अब हम दूसरा उदाहरण लेते हैं। हाइड्रोजन क्लोराइड गैस के लिए वर्जीलियस की परिकल्पना को ध्यान मे रखकर एक परमाणु हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस के संगठन का अनुमान लगाओ।

1 लीटर हाइड्रोजन + 1 लीटर क्लोरीन → 2 लीटर हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस

तुम देखोगे कि एक परमाणु हाइड्रोजन क्लोराइड गैस के संगठन मे $\frac{1}{2}$ परमाणु हाइड्रोजन व $\frac{1}{2}$ परमाणु क्लोरीन की आवश्यकता होती है।

इन उदाहरणो से स्पष्ट हो जाता है कि वर्जीलियस की कल्पना प्रायोगिक तथ्यों को स्पष्ट नही कर पाती है। ऐसी अवस्था में निम्न सम्भावनाएं है:

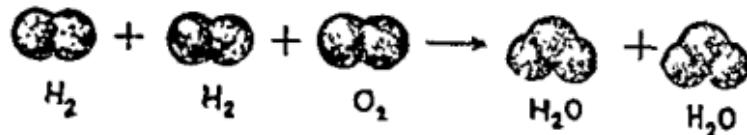
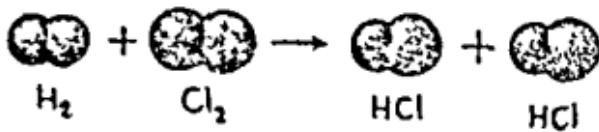
1 वर्जीलियस परिकल्पना मे संशोधन किया जाय।
2. वर्जीलियस परिकल्पना को छोड दिया जाय।
3 डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त (अविभाज्य परमाणु) मे संशोधन किया जाय।
4. अथवा डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त को छोड़ दिया जाय।

ऐमिडियो एवोगैड्रो
(1776–1856—इटेलियन)

यह एक कुशाग्र बुद्धि इटालियन भौतिक शास्त्री ऐमिडियो एवोगैड्रो को ही प्रतिभा थी कि उन्होंने गे-लूसैक के प्रायोगिक प्रमाणों एवं डाल्टन के अविभाजीय परमाणु के सिद्धान्त में उत्पन्न असंगति को दूर किया। एमिडियो एवोगैड्रो नागरिक मामलों तथा अध्यापन दोनों में ही सक्रिय थे। लेवोशिये की भांति वे भी कई जन-कार्यालयों में उच्च पदों पर नियुक्त रहे। उन्होंने शिक्षा, मौसम विज्ञान, भार एवं मापन तथा राष्ट्रीय साख्यिकी का अध्ययन किया।

1811 मे इटली के वैज्ञानिक एमिडियो एवोगैड्रो ने इस कठिनाई का एक अत्यन्त बुद्धिमत्तापूर्ण हल निकाला। उन्होंने परमाणु को अविभाज्य मानते हुए यह तर्क दिया कि यदि हम जलवाष्प के एक परमाणु में अविभाज्य परमाणु की उपस्थित मान लें (चित्र 6.2) तब समीकरण से बाई

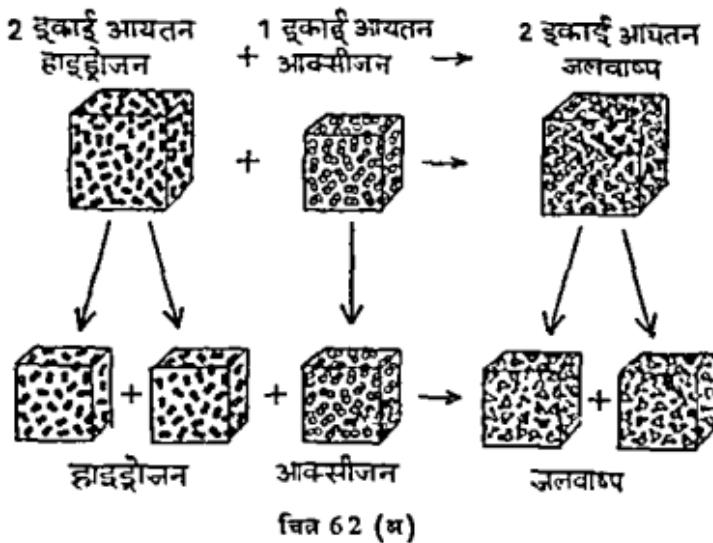
$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow HCl + HCl$$

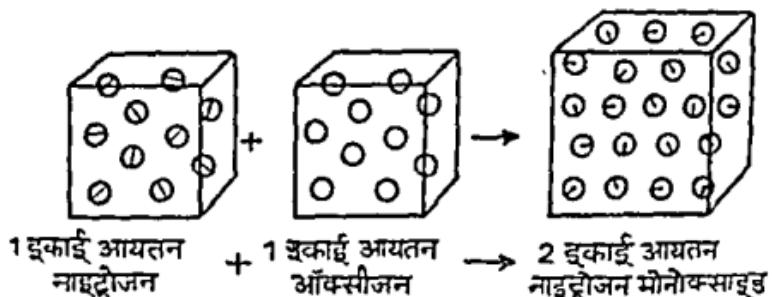
$$H_2 + H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O + H_2O$$

चित्र 6.2—एवोगैड्रो की परिकल्पना की सहायता से समस्या का हल

और ऑक्सीजन के छोटे से छोटे कण में कम से कम दो ऑक्सीजन के परमाणु होने चाहिए। उन्होंने इस छोटे से छोटे कण का नाम 'अणु' दिया तथा बर्जीलियस की परिकल्पना को इस प्रकार संशोधित रूप दिया :

"एक ही दाब व ताप पर गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होती है।" यह एवोगैड्रो की परिकल्पना कहलाती है।

एवोगैड्रो की परिकल्पना के अनुसार हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, क्लोरीन, आदि गैसों के छोटे से छोटे कण अणुओं में दो-दो परमाणु होते हैं। अर्थात् वे H_2, O_2, N_2 तथा Cl_2 के रूप में रहते हैं न कि H, O, N, Cl के रूप में जैसा कि डाल्टन द्वारा माना गया था।

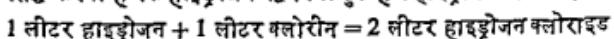
चित्र 6.2 (अ व ब) में एवोगैड्रो की परिकल्पना के अनुसार जलवाष्प व हाइड्रोक्लोरिक एसिड

चित्र 6.2 (अ)

के अणुओं का बनना स्पष्ट किया गया है। तुम्हें यह जानकर आश्चर्य होगा कि इतनी महत्वपूर्ण

चित्र 6.2 (ब)

परिकल्पना को लगभग 50 वर्षों तक स्वीकार नहीं किया गया। बर्जीलियस ने तो इसे हास्यास्पद बताकर इसका कटु विरोध किया यद्यपि इससे रसायनज्ञों के सामने आयी जटिल गुत्थियां सुलझ गयी। इसी परिकल्पना के कारण डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त में परमाणु की सकल्पना के साथ परमाणुओं की उस अणु अवस्था का अनुमान भी लगाया जा सका जिससे ये स्वतन्त्र अवस्था मे रह सकते हैं। जो परमाणु स्वय स्वतन्त्र अवस्था मे नही रह सकते वे समूह बना कर अणुओ के रूप मे रहते हैं। अधिकांश ज्ञात तत्वों के परमाणु स्वतन्त्र अवस्था मे रह कर अणुओ के रूप में ही रहते हैं।

6.2 एक अणु मे परमाणुओ की सख्या को **परमाणुकता** कहते हैं। जैसे नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, हाइड्रोजन, आदि गैसो की परमाणुकता दो है। इन्हे द्विपरमाणुक अणु (diatomic molecules) भी कहते हैं।

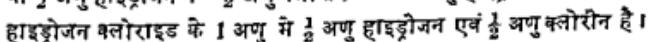
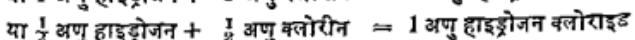
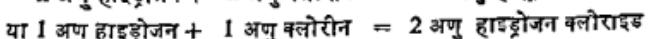
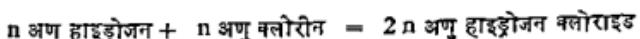
सिद्ध करना है कि हाइड्रोजन द्विपरमाणुक है। हाइड्रोजन क्लोराइड संगठन में :

1 लीटर हाइड्रोजन + 1 लीटर क्लोरीन = 2 लीटर हाइड्रोजन क्लोराइड

तीनो गैसें समान ताप व दाब पर हैं। अतः एवोगैड्रो परिकल्पना के अनुसार इनके समान आयतन 1 लीटर मे अणुओं की सख्या n भी समान होगी। अतः

n अणु हाइड्रोजन + n अणु क्लोरीन = 2n अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

या 1 अणु हाइड्रोजन + 1 अणु क्लोरीन = 2 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

या $\frac{1}{2}$ अणु हाइड्रोजन + $\frac{1}{2}$ अणु क्लोरीन = 1 अणु हाइड्रोजन क्लोराइड

हाइड्रोजन क्लोराइड के 1 अणु में $\frac{1}{2}$ अणु हाइड्रोजन एवं $\frac{1}{2}$ अणु क्लोरीन है।

किसी अम्ल के सोडियम लवणो की सख्या उस अम्ल में उपस्थित प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओ की सख्या के बराबर होती है। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल केवल एक ही सोडियम लवण सोडियम क्लोराइड NaCl बनाता है। अर्थात् इसके एक अणु मे केवल एक हाइड्रोजन परमाणु है। यह एक हाइड्रोजन का परमाणु हाइड्रोजन क्लोराइड को $\frac{1}{2}$ अणु हाइड्रोजन से प्राप्त हुआ है। अतः स्पष्ट है कि हाइड्रोजन के एक अणु मे दो परमाणु हैं या हाइड्रोजन द्विपरमाणुक है।

6.3 जिस प्रकार ठोस व द्रव पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व जल के घनत्व से तुलना करके ज्ञात किया जाता है इसी प्रकार गैसों के घनत्व को, जिसे वाष्प घनत्व कहते हैं, हाइड्रोजन से तुलना करके प्राप्त किया जाता है।

$$\text{गैस का वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के किसी आयतन का भार}}{\text{समान ताप व दाब पर हाइड्रोजन के उतने ही आयतन का भार}}$$

गैस और हाइड्रोजन समान ताप व दाब पर है। अतः एवोगैड्रो की परिकल्पना अनुसार निश्चित आयतन में अणुओं की संख्या n समान है।

अतः

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के } n \text{ अणुओं का भार}}{\text{हाइड्रोजन के } n \text{ का अणुओं का भार}}$$

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक अणु का भार}}{\text{हाइड्रोजन के एक अणु का भार}}$$

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक अणु का भार}}{\text{हाइड्रोजन के 2 परमाणु का भार}}$$

(चूंकि हाइड्रोजन द्विपरमाणुक है)

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक अणु का भार}}{2 \times \text{हाइड्रोजन के एक परमाणु का भार}}$$

$$2 \times \text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक अणु का भार}}{\text{हाइड्रोजन के एक परमाणु का भार}}$$

$$2 \times \text{वाष्प घनत्व} = \text{अणुभार}$$

(चूंकि हाइड्रोजन के एक परमाणु के भार की तुलना में गैस के एक अणु के भार को अणुभार कहते हैं)

सारणी 6.1

गैसों के अणुभार

ऑक्सीजन	32	हाइड्रोजन	2
नाइट्रोजन	28	कार्बन डाइऑक्साइड	44
कार्बन मोनोक्साइड	28	हाइड्रोक्लोरिक अम्ल गैस	36.5
अमोनिया	17		

6.4 यदि गैस के अणुभार को ग्रामों में लिखते हैं तो यह गैस का ग्राम-अणुभार कहलाता है। जैसे ऑक्सीजन के ग्राम-अणुभार का अर्थ है 32 ग्राम ऑक्सीजन। मानक दाब व ताप पर किसी गैस के ग्राम-अणुभार की गणना इस प्रकार करते हैं :

गैस समीकरण की सहायता से मानक दाब व ताप पर उसका आयतन ज्ञात कर लेते हैं। इस आयतन का भार ज्ञात होने के कारण, 1 लीटर भार की गणना कर लेते हैं यही गैस का अणुभार होता है।

उदाहरण के लिए—

मान लो किसी गैस का ग्राम—अणुभार M ग्राम है :

$$\text{गैस का वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक लीटर का मानक दाव व ताप पर भार}}{\text{हाइड्रोजन के एक लीटर का मानक दाव व ताप पर भार}}$$

क्योंकि प्रयोगो द्वारा मानक दाव व ताप पर हाइड्रोजन के एक लीटर का भार 0 089 ग्राम ज्ञात किया गया है

$$\text{वाष्प घनत्व} = \frac{\text{गैस के एक लीटर का मानक दाव व ताप पर भार}}{0{\cdot}089 \text{ ग्राम}}$$

$$\text{किन्तु वाष्प घनत्व} = \frac{\text{अणु भार}}{2} = \frac{M}{2}$$

अतएव,

$$\frac{M}{2} = \frac{\text{गैस के एक लीटर का मानक दाव व ताप पर भार}}{0{\cdot}089 \text{ ग्राम}}$$

$$\text{या गैस के एक लीटर का मानक दाव व ताप पर} = \frac{M}{2} \times 0\ 089 \text{ ग्राम}$$

अथवा,

$$\frac{M}{2} \times 0\ 089 \text{ ग्राम गैस का मानक दाव व ताप पर आयतन} = 1 \text{ लीटर}$$

M ग्राम (ग्राम-अणुभार) गैस का मानक दाव व ताप पर आयतन

$$= \frac{2}{0{\cdot}089} \text{ लीटर}$$

$$= 22\ 4 \text{ लीटर}$$

इससे यह मनोरंजक परिणाम प्राप्त होता है कि मानक दाव व ताप पर किसी भी गैस के ग्राम-अणुभार का आयतन 22·4 लीटर होना चाहिए। प्रायोगिक मापन करने पर यह परिणाम सत्य पाया गया है।

उपरोक्त परिणाम व गैस समीकरण की सहायता से अणुभार ज्ञात करना अत्यन्त सरल है किसी भी ताप व दाव पर गैस की मात्रा ज्ञात करके गैस समीकरण की सहायता से मानक दाव व ताप पर उसका आयतन ज्ञात कर लेते हैं। इस आयतन का भार ज्ञात होने के कारण, 22 4 लीटर के भार की गणना कर लेते हैं। यही गैस का अणुभार होता है।

उदाहरण के लिए—

27° सें. ताप व 800 मिली. दाव पर 20 लीटर नाइट्रोजन का भार 24 ग्राम है। नाइट्रोजन का अणुभार ज्ञात करो।

	मानक दाव व ताप
$P_1 = 800$ मिमी	$P_2 = 760$ मिमी
$V_1 = 20$ लीटर	$V_2 = ?$
$T_1 = 27°$ सें. $+ 273 = 300°$ के	$T_2 = 273°$ के

गैस समीकरण की सहायता से

नाइट्रोजन का मानक दाब व ताप पर आयतन करने पर

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

या

$$\frac{800 \times 20}{300} = \frac{760 \times V_2}{273} \text{ लीटर}$$

$$V_2 = 19{\cdot}2 \text{ लीटर}$$

अब,

मानक दाब व ताप पर 19·4 लीटर नाइट्रोजन का भार = 24 ग्राम

$\therefore$ 22·4 लीटर नाइट्रोजन का भार = $\frac{24 \times 22{\cdot}4}{19{\cdot}2}$ ग्राम

= 28 ग्राम

अतएव, नाइट्रोजन का ग्राम-अणुभार = 28 ग्राम

तथा अणुभार = 28

6.5 यह ज्ञात कर लेने पर कि एक ग्राम-अणुभार गैस का मानक दाब व ताप पर प्रत्येक गैस के लिए आयतन 22·4 लीटर होता है, एवोगैड्रो की परिकल्पना को ध्यान में रखते हुए यह परिणाम निकालना स्वाभाविक है कि मानक दाब व ताप पर किसी भी गैस का एक ग्राम-अणुभार लेने पर उसमें अणुओं की संख्या समान होगी। यह संख्या कितनी है ? वैज्ञानिकों ने अनेकों विधियों द्वारा इसका मान $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ ज्ञात किया है। शब्दों में इस संख्या को लिखना कठिन है क्योंकि केवल अंकों में लिखने पर ही यह है--

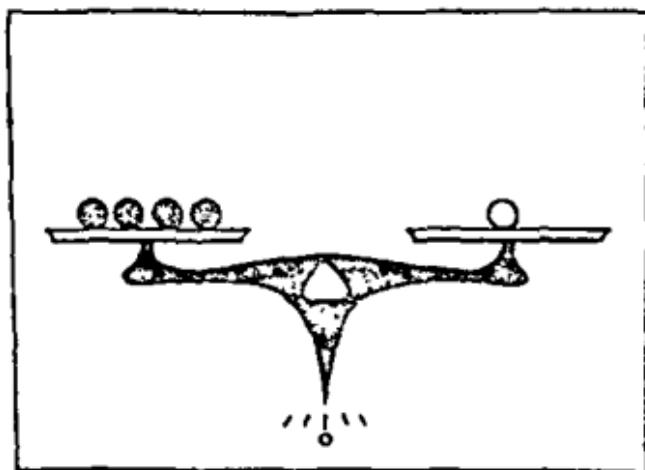
602,000,000,000,000,000,000,000

यद्यपि यह संख्या इतनी बड़ी है कि इसका प्रयोग करना सुविधाजनक नहीं है, किन्तु यह इतनी महत्वपूर्ण है कि न केवल गैसों अपितु आजकल रसायन की सभी गणनाओं में वैज्ञानिक इसका उपयोग करते है। सुविधा के लिए इसे एक मोल कहते है।

एवोगैड्रो के सम्मान में यह संख्या ($6{\cdot}02 \times 10^{23}$) एवोगैड्रो संख्या (Avogadro Number) कहलाती है।

6.6 रसायनशास्त्र में मोल की धारणा का क्या महत्व है ? रसायनज्ञ क्यों मोल का प्रयोग करने लगे हैं ?

पदार्थ परमाणुओं से बने होने के कारण इन्हें गिनने या रसायनवेत्ताओं को इनकी संरचना व परिवर्तनों के परीक्षणों का निरीक्षण व गणनाओं में इनकी संख्या का अनुमान रखने की आवश्यकता पड़ती है। किन्तु यह तुम देख ही चुके हो कि अत्यन्त सूक्ष्म होने के कारण रासायनिक क्रियाओं में भाग लेने वाले परमाणुओं की संख्या इतनी अत्यधिक होती है तथा उन्हें गिनना असम्भव

के ऑक्सीजन के एक 'मोल' परमाणुओं का भार ठीक 16 ग्राम हो* (चित्र 6.3)। कार्बन के परमाणुओं का भार ऑक्सीजन के परमाणुओं से $\frac{3}{4}$ होता है (चित्र 6.4)। अतएव, एक मोल कार्बन परमाणुओं का भार $\frac{3}{4} \times 16 = 12$ ग्राम होगा। इसी प्रकार ऑक्सीजन के परमाणु हीलियम के परमाणु से 4 गुना भारी होते हैं (चित्र 6 5)। अतएव, एक मोल हीलियम ($6 02 \times 10^{23}$ संख्या) के परमाणुओं का भार 4 ग्राम होगा।

चित्र 6 5—ऑक्सीजन के परमाणु हीलियम से 4 गुना भारी होते हैं

मोल धारणा व मोल इकाइयों के महत्व पर हम अणुभार, तुल्यांकी भार व परमाणु भार के अध्ययन के पश्चात् पुन प्रकाश डालेंगे।

पुनरावलोकन

रासायनिक क्रिया करने वाली गैसों के आयतनों का मात्रात्मक अध्ययन करने में गे-लूसैक का नाम अग्रणीय है। उन्होंने प्रयोग कर ज्ञात किया कि अभिक्रिया होते समय गैसों के आयतनों में एक सरल अनुपात रहता है। प्रत्येक गैस छोटे-छोटे कणों से रचित होती है। अत: स्पष्ट है कि गैसों के आयतनों में उपस्थित कणों में भी सरल अनुपात होना चाहिए। इस बात की परिकल्पना सर्वप्रथम बर्जीलियस ने की थी।

बर्जीलियस की परिकल्पना ने गे-लूसैक के प्रायोगिक तथ्यों का स्पष्टीकरण कर दिया परन्तु यह निश्चयात्मक रूप से ज्ञात नहीं हो सका कि क्या परमाणु का आधा परमाणु बन जाता है।

* 1961 में वैज्ञानिकों द्वारा कार्बन के एक मोल परमाणुओं के भार को 12 ग्राम मानक माना गया है। इसका वर्णन तुम अगली इकाई में पढ़ोगे।

1811 में एवोगैड्रो ने बर्जीलियस की परिकल्पना में संशोधन किया कि समान ताप व दाब की अवस्था में समान आयतनों में गैसों के अणुओं की संख्या समान होती है।

एवोगैड्रो की परिकल्पना द्वारा भी गे-लूसैक के प्रायोगिक तथ्यों को स्पष्ट किया गया तथा अणु एवं परमाणु का भेद स्पष्ट किया। इसका उपयोग गैसों की परमाणुकता, वाष्प घनत्व एवं अणुभार निकालने में किया जाता है। एवोगैड्रो की परिकल्पना से एक और नया सम्बन्ध ज्ञात किया गया। मानक दाब व ताप पर प्रत्येक गैस (पदार्थ) का ग्राम अणुभार 22·4 लीटर आयतन घेरता है। क्योंकि आयतन समान है इसलिए इसमें उपस्थित अणुओं की संख्या भी समान होनी चाहिए। आधुनिक प्रयोगों द्वारा इस संख्या को सही सही निकाल लिया गया है। यह संख्या एवोगैड्रो संख्या कहलाती है। इसका मान $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ होता है।

इस संख्या को प्रयोगशाला की क्रियाएं करते समय एक इकाई मान लिया गया है जिसे मोल कहते हैं। किसी भी पदार्थ के एक 'मोल' में उस पदार्थ के $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ कण होते हैं। यह कण परमाणु, अणु, इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यू ान, इत्यादि हो सकते है।

डाल्टन का परमाणुवाद सिद्धान्त गैसों में होने वाले रासायनिक परिवर्तनों का स्पष्टीकरण नहीं कर पाया। इस सम्बन्ध में सर्वप्रथम फ्रांस के वैज्ञानिक गे-लूसैक ने गैसों का मात्रात्मक अध्ययन कर एक सामान्यीकरण निकाला कि जब गैसें अभिक्रिया करती हैं, तब उनके आयतनों में सरल अनुपात होता है और यदि क्रियाफल भी गैस हो तो उसमें सरल अनुपात है।

इस प्रकार के अन्वेषणों ने बर्जीलियस तथा एवोगैड्रो का ध्यान आकर्षित किया। प्राप्त प्रायोगिक तथ्यों की नियमितता का कारण खोजने के लिए बर्जीलियस तथा एवोगैड्रो ने अपनी-अपनी परिकल्पनाएं बनायी तथा उनकी सहायता से तथ्यों को समझने का प्रयास किया। इस सत्यापन की प्रविधि में बर्जीलियस की परिकल्पना असत्य रही। अतः गैसों में होने वाली अभिक्रियाओं को एवोगैड्रो की परिकल्पना के आधार पर समझाया जाता है।

इस परिकल्पना के आधार पर रसायनशास्त्र में अन्य निम्न निष्कर्ष निकाले गये :

1 साधारण गैसों—जैसे हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, क्लोरीन, नाइट्रोजन, आदि—के एक अणु में दो परमाणु रहते है।

या—हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, क्लोरीन, नाइट्रोजन के अणु द्विपरमाणुक होते है।

2. गैसो का अणुभार उनके वाष्प घनत्व का दुगुना होता है।

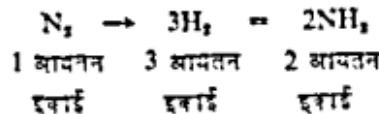
3. मानक दाब व ताप पर सभी गैसो के ग्राम अणुभार का आयतन समान रहता है। वह आयतन गैसो का अणुक आयतन कहलाता है।

4. प्रत्येक गैस के अणुक आयतन में $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ अणु रहते है। यह संख्या एवोगैड्रो संख्या कहलाती है। इसको N द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। यह संख्या रसायनशास्त्र मे मोल इकाई के नाम से प्रचलित है। इस परिकल्पना का उपयोग यौगिको के अणु सूत्र निकालने में किया जाता है। इसका मान कई विधियो द्वारा निकाला जाता है। एवोगैड्रो परिकल्पना के व्यापक होने से यह आजकल एवोगैड्रो के नियम से प्रचलित हो गई है।

अध्ययन प्रश्न

1. अमोनिया निर्माण सम्बन्धित प्रायोगिक तथ्य निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है :

$$N_2 \rightarrow 3H_2 = 2NH_3$$

1 आयतन इकाई 3 आयतन इकाई 2 आयतन इकाई

यदि एक इकाई आयतन में नाइट्रोजन व हाइड्रोजन के 100 अणु हो तथा प्रत्येक अणु द्विपरमाणुक हो, तो उपर्युक्त तथ्यों के आधार पर

(अ) एवोगैड्रो की परिकल्पना को सिद्ध करो।

(ब) उपर्युक्त प्रयोग में यदि नाइट्रोजन एवं हाइड्रोजन के अणुभार क्रमश: 28 तथा 2 हो तो स्पष्ट करो कि दोनों गैसों के समान अणु समान ताप तथा दाब पर समान आयतन घेरेंगे।

2 गे-लुसैक के नियम के आधार पर स्पष्ट करो कि—

(अ) क्या 623·6 मिली. हाइड्रोजन 311 8 मिली. ऑक्सीजन से क्रिया कर 623·6 मिली. जलवाष्प बनायेगी ?

(ब) क्या 623 6 मिली हाइड्रोजन मानक दाब व ताप पर 311·8 मिली. ऑक्सीजन से मानक दाब व ताप पर अभिक्रिया कर 1246·2 मिली. जलवाष्प 273° से तथा 760 मिमी. पारे के दाब पर बना देगी ? स्पष्ट करो।

3. निम्न सारणी में दिये गये तथ्य से किस प्रकार एवोगैड्रो की परिकल्पना को सिद्ध करते हैं

गैस का नाम	सूत्र	समान आयतन में उपस्थित हाइड्रोजन की मात्रा
हाइड्रोक्लोरिक एसिड	HCl	0·1 ग्राम
हाइड्रोजन	H_2	0 2 ग्राम
अमोनिया	NH_3	0 3 ग्राम
मीथेन	CH_4	0 4 ग्राम
एथीलीन	C_2H_4	0 4 ग्राम

4. (1) मानक ताप व दाब पर 4 00 ग्राम ऑक्सीजन कितना आयतन घेरेगी ? (2) O_2 के कितने मोल इस आयतन में उपस्थित होंगे ? (3) O_2 के कितने अणु इस आयतन मे उपस्थित होंगे ? (4) यदि ताप व दाब की नई अवस्थाएँ क्रमश 273° से व 380 टॉर हो तो नया आयतन क्या होगा ? (5) CO_2 के कितने मोल इस नये आयतन में होंगे ? (6) इस नये आयतन मे O_2 के कितने अणु उपस्थित होंगे ? (7) गैसीय पदार्थ का कौनसा विशिष्ट गुण मोल की संख्या ज्ञात करता है ?

[उत्तर—(2) 0 125 मोल (3) 11·21 (6) $7 53 \times 10^{23}$ अणु

अभ्यास प्रश्न

1. एवोगैड्रो के नियम के अनुसार :

(अ) आक्सीजन के अणु के जितना बड़ा हाइड्रोजन का अणु होता है।

(ब) सारे अणुओं का आयतन समान होता है।

अणुभार

7·1 पिछली इकाई में तुमने गैस के भार व हाइड्रोजन के एक अणु के भार के अनुपात को अणुभार मान कर वाष्प घनत्व व अणुभार सम्बन्ध ज्ञात किया था।

यथार्थ में तो अणुभार शब्द के अर्थ के अनुसार एक अणु का भार ही होना चाहिए किन्तु इनके भार इतने सूक्ष्म हैं कि उन्हें ग्रामों में तो लिखना भी कठिन है। उदाहरण के लिए अमोनिया के एक अणु का भार 0.000,000,000,000,000,000,000,003 ग्राम के लगभग होता है। अतएव, अणु भार के लिए दूसरा माप प्रयोग किया जाता है। आक्सीजन के परमाणु का भार 16 इकाई मान कर अन्य अणुओं व परमाणुओं का भार व्यवहार में लाया जाता है। इस माप को **परमाणु भार इकाई** (प. भा. इ. Atomic Weight Unit, A.W.U.) कहते हैं। गन्धक के परमाणु ऑक्सीजन के परमाणु से दो गुना भारी होते हैं। इसलिए गन्धक का परमाणु भार 32 प. भा. इ. हुआ। इसी प्रकार ऑक्सीजन परमाणु, हाइड्रोजन के परमाणु से लगभग 16 गुना भारी होता है। अतएव हाइड्रोजन के परमाणु का भार एक प. भा. इ. हुआ. क्योंकि अणु तत्वों के परमाणुओं से मिलकर बनते हैं, अणु का भार उसमें उपस्थित परमाणुओं के भार के योग के बराबर होना चाहिए। जैसे कार्बन डाइऑक्साइड CO_2 का अणुभार = कार्बन का परमाणु भार + आक्सीजन के दो परमाणुओं का भार $12 + 2 \times 16 = 44$

अतएव, किसी पदार्थ के अणुभार से हमारा तात्पर्य होता है कि उस पदार्थ का एक अणु हाइड्रोजन के एक परमाणु के भार या ऑक्सीजन के एक परमाणु के भार के $\frac{1}{16}$ या कार्बन के एक परमाणु के भार के $\frac{1}{12}$ भाग से कितने गुना भारी है।*

---

* हाइड्रोजन या ऑक्सीजन या कार्बन (जैसा वैज्ञानिकों ने 1961 में निर्णय लिया) के परमाणुओं को क्रमशः 1, 16 व 12 इकाई मान कर प्राप्त परमाणु व अणुभारों में सूक्ष्म अन्तर आता है क्योंकि ऑक्सीजन या कार्बन के परमाणु हाइड्रोजन के परमाणु की अपेक्षा पूर्ण रूप से 16 व 12 गुना भारी न होकर लगभग 16 व 12 गुना भारी होते हैं। साधारण रसायनिक गणनाएँ इस अन्तर से प्रभावित नहीं होतीं और हम मोटे रूप से प्राप्त निष्कर्ष को व्यावहारिक रूप से ठीक मानते हैं। इनके सूक्ष्म अन्तर के विषय में नवीं इकाई में विस्तार से विचार करेंगे।

इस प्रकार अणुभार की गणना करना अत्यन्त सरल प्रतीत होता है क्योंकि कार्बन डाइऑक्साइड के अणु की रचना में कार्बन व ऑक्सीजन के परमाणुओं के भारों को ज्ञात मान लिया गया है।

7.2 वाष्पशील पदार्थ का वाष्प घनत्व ज्ञात

प्रयोगशाला में वाष्पशील पदार्थों का वाष्प घनत्व निकालने के लिए विक्टर मेयर विधि उपयोग में लाई जाती है। चित्र 7.3 में विक्टर मेयर उपकरण दर्शाया गया है।

चित्र 7.1—(अ), (ब) विक्टर मेयर विधि द्वारा वाष्पशील द्रवों के अणुभार ज्ञात करने के लिए प्रयुक्त उपकरण

(i) बाहरी जैकेट ग में ऐसा द्रव लेते हैं जिसका क्वथनांक दिये हुए वाष्पशील पदार्थ के वाष्पन ताप से 20° या 25° से अधिक हो। इसके द्रव को खौला कर इसकी वाष्प से विक्टर मेयर नली को गर्म करते हैं। नली में से कुछ वायु ताप अधिक ताप के कारण फैलकर घ नली द्वारा पानी में होकर बाहर निकल जाती है। कुछ समय पश्चात् साम्य अवस्था आ जाती है और वायु के बुलबुले निकलने बन्द हो जाते हैं।

(ii) एक छोटी सी शीशी ख (जिसे हाफमैन बाटल कहते है) का भार ज्ञात करके उसमे वाष्पशील द्रव लेकर पुन तोल लेते है। अब इस शीशी को विक्टर मेयर नली मे ऊपरी कार्क खोल कर डाल देते हैं। विक्टर मेयर नली के निचले भाग में पहले ही काच का ऊन (glass wool) या रेत डाल देते हैं अन्यथा हाफमैन बाटल के ऊपर से गिरने पर विक्टर मेयर नली की तली टूट जाने की सम्भावना रहती है।

(iii) विक्टर मेयर नली में अधिक तापक्रम के कारण हाफमैन बाटल खुल जाती है तथा वाष्पशील द्रव की वाष्प बन जाती है। अपने आयतन के बराबर वायु को विक्टर मेयर नली में विस्थापित कर देती है। यह विस्थापित वायु एक अंशांकित नली में संग्रहित कर ली जाती है। संग्रहित वायु का आयतन चित्र 7.3 (ख) की भांति बाहर और अन्दर जल का तल समान करके अंकित कर लेते है। संग्रहित वायु जिसमें जलवाष्प का दाब सम्मिलित होता है इस स्थिति में वायुमंडल के दाब के बराबर होता है। इस जल के ताप पर जलवाष्प दाब सारणी देख कर ज्ञात कर लेते हैं तथा वायुमंडल का दाब बैरोमीटर से पढ़ लेते हैं।

प्राप्त परिणामों का अंकन व अणुभार की गणना निम्न प्रकार की जाती है--

(क) (i) रिक्त हाफमैन बाटल का भार = 12·5462 ग्राम

(ii) हाफमैन बाटल + वाष्पशील द्रव का भार = 12 7802 ग्राम

(iii) हाफमैन बाटल में वाष्पशील द्रव का भार = 0 2340 ग्राम

(ख) (i) वाष्प द्वारा विस्थापित वायु का आयतन = 42 5 मिली

(ii) संग्रहित वायु का ताप = 23° से

(iii) 23° से. ताप पर जलवाष्प दाब = 25 मिमी

(iv) वायुमंडलीय दाब = 745 मिमी

वाष्पशील द्रव का मानक दाब ताप पर आयतन Vs ज्ञात करना :

बराबर आयतन वाली संग्रहित शुष्क वायु का दाब

$P_1 = 745 - 25$ मिमी $\qquad P_s = 760$ मिमी.

आयतन $V_1 = 42{\cdot}5$ मिली $\qquad V_s = ?$

ताप $T_1 = 273 + 23 = 296°$ के $\qquad T_s = 273°$ के

गैस समीकरण के अनुसार

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_s V_s}{T_s}$$

$$\frac{720 \times 42{\cdot}5}{296} = \frac{760 \times V_s}{273}$$

$$\therefore \quad V_s = 45{\cdot}4 \text{ मिली.}$$

मानक दाब व ताप पर 45 4 मिली. वाष्प का भार = 0·2340 ग्राम

$$\therefore \ 22{\cdot}4 \text{ लीटर वाष्प का भार} = \frac{0{\cdot}234 \times 22{\cdot}4 \times 1000}{45{\cdot}4} \text{ ग्राम}$$

$$= 118{\cdot}7 \text{ ग्राम}$$

7.3 गैस विसरण अथवा निस्सरण के अध्ययन से उनके विसरण दरों से भी अणुभार की गणना करना सम्भव है। तुम इकाई 5 में पढ़ चुके हो कि ग्राहम के नियम के अनुसार किसी गैस की विसरण दर r व वाष्प घनत्व d के लिए :

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

अतएव,

किसी ज्ञात वाष्प घनत्व वाली गैस की विसरण गति ज्ञात करके उपरोक्त नियम की सहायता से उन्हीं परिस्थितियों में दी हुई गैस की विसरण गति निकाल कर उसके अणु भार की गणना कर सकते है।

उदाहरण के लिए--

एक विसरण उपकरण द्वारा हाइड्रोजन के किसी आयतन को विसरित होने में 13 सेकण्ड लगते है। उन्ही परिस्थितियों मे एक अज्ञात गैस के उतने ही आयतन के विसरण मे 48 सेकण्ड लगे। इस गैस के अणुभार की गणना करो।

यहा,

मान लो विसरित होने वाली हाइड्रोजन गैस का आयतन $= v$ मिली.

$\therefore$ हाइड्रोजन की विसरण गति $r_1 = \frac{v}{13}$ मिली. प्रति सेकण्ड

$\therefore$ अज्ञात गैस के विसरण की गति $r_2 = \frac{v}{48}$ मिली. प्रति सेकण्ड

ग्राहम के नियम के अनुसार

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

या $\frac{v}{13} \times \frac{48}{v} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ (क्योंकि हाइड्रोजन का वाष्प घनत्व $= 1$)

या $\sqrt{d_2} = 3{\cdot}7$ लगभग

या $d_2 = 13{\cdot}7$ लगभग

$\therefore$ अणुभार $= 2 \times$ वाष्प घनत्व

$= 2 \times 13{\cdot}7$

$= 27{\cdot}4$

पुनरावलोकन

व्यवहारिक रूप मे किसी पदार्थ के अणुभार से तात्पर्य होता है कि उस पदार्थ का एक अणु हाइड्रोजन के एक परमाणु के भार, ऑक्सीजन के एक परमाणु के भार के 1/16 या कार्बन के एक परमाणु के भार के 1/12 भार मे कितने गुना भारी है।

अणु की रचना ज्ञात होने पर उसके अवयवी परमाणुओं का परमाणु भार इकाइयों मे दिया गया भार जोड़ने पर अणुभार ज्ञात किया जाता है।

प्रयोगशाला मे वाष्पशील द्रवों का अणुभार ज्ञात करने के लिए विक्टर मेयर विधि का उपयोग किया जाता है। वाष्पशील द्रव की ज्ञात मात्रा द्वारा बनने वाली वाष्प विक्टर मेयर नली

से अपने आयतन के बराबर वायु प्रस्थापित कर देती है जिसे मानक दाब व ताप पर परिवर्तित करके 22.4 लीटर के भार की गणना कर लेते हैं। विसरण या नि:सरण की गति ज्ञात होने पर ग्राहम के नियम की सहायता से अणुभार की गणना की जा सकती है।

रोचक प्रयोग, परियोजना व उपकरण बनाने के लिए विचार

उदाहरण

विक्टर मेयर विधि के स्थान पर तुम दो सिरिंजों को चित्र 5.7 के अनुसार एक गत्ते या लकड़ी के डिब्बे में लगाओ। छोटी सिरिंज में वाष्पशील द्रव की एक बूंद सावधानी पूर्वक बड़ी सिरिंज के रबर की नली में बन्द मुंह से इन्जैक्ट कर दो। बिजली का बल्ब जलाने पर उसके ताप से बड़ी सिरिंज में वाष्प बन जाती है तथा पिस्टन बाहर की ओर चलता है। बन्द डिब्बे के भीतर बनने वाली वाष्प का आयतन बाहर से कैसे ज्ञात करोगे? एक बूंद द्रव का भार कैसे ज्ञात करोगे? बिजली के बल्ब से प्राप्त ऊष्मा के कारण डिब्बे में ताप एक स्थान पर अधिक व दूसरे स्थानों पर कम रहेगा। किस प्रकार इसे अधिक से अधिक समान बनाया जा सकता है? थर्मामीटर किस स्थान पर लगाना उचित होगा?

अध्ययन प्रश्न

1. किसी वाष्पशील पदार्थ के अणुभार व वाष्प घनत्व में क्या सम्बन्ध है? ऐसे ही एक पदार्थ का अणुभार विक्टर मेयर विधि से किस प्रकार निकालोगे? उपकरण का चित्र बना कर समझाओ।
2. यदि आयतनों को मानक ताप व दाब पर मापा गया है तो किसी आयतन में कार्बन डाइऑक्साइड का कितना भार होगा जब कि उसी आयतन में ऑक्सीजन की मात्रा 4.0 ग्राम है?
3. 0.15 ग्राम वाष्पशील पदार्थ से जिसका अणुभार 119.5 है 15° से. व 79 सेमी दाब पर विक्टर मेयर उपकरण से कितनी वायु विस्थापित होगी?
4. ग्राहम के विसरण नियम से किसी गैस का अणुभार किस प्रकार निकाला जा सकता है?

अभ्यास प्रश्न

1. मानक दाब व ताप पर किसी गैस के 0.1 ग्राम अणुभार का आयतन होगा
   - (अ) 22.4 लीटर।
   - (ब) 11.2 लीटर।
   - (स) 2.24 लीटर।
   - (द) 1.12 लीटर।
   - (इ) इनमें से कोई भी नहीं। ( )
2. विक्टर मेयर उपकरण से किसी वाष्पशील पदार्थ का अणुभार ज्ञात करने के लिए आवश्यक नहीं है कि—
   - (अ) पदार्थ का भार ज्ञात करें।
   - (ब) विस्थापित वायु का मानक ताप व दाब पर आयतन निकालें।
   - (स) पार्श्वनली को पानी से भरी द्रोणिका में डुबोने के पश्चात बाहर का पात्र गर्म करें।
   - (द) बाहर के पात्र में भरे द्रव का क्वथनांक पदार्थ के क्वथनांक से 25 से. अधिक न हो।
   - (इ) हाफमैन बोतल का प्रयोग करें। ( )

3. 180 मिली. हाइड्रोकार्बन 15 मिनट में विसरित होती है। उन्हीं परिस्थितियों में 120 मिली. सल्फर डाइऑक्साइड (अणुभार 64) 20 मिनट में विसरित होती है। हाइड्रोकार्बन का अणुभार होगा .
   (अ) 16.
   (ब) 32.
   (स) $\sqrt{32}$.
   (द) 8.
   (इ) $\sqrt{8}$. ( )

4. निम्न कथनों में से कौनसा कथन असत्य है .
   (क) मानक ताप व दाब पर 0.1 ग्राम हाइड्रोजन, 1·6 ग्राम ऑक्सीजन व 3·55 ग्राम क्लोरीन का आयतन समान होगा।
   (ख) मानक दाब व ताप पर 100 मिली हाइड्रोजन 100 मिली. आक्सीजन व 100 मिली. क्लोरीन का भार समान होगा।
   (ग) मानक ताप व दाब पर 32 ग्राम SO_2 का आयतन 18 ग्राम O_2 के आयतन से कम होगा।
   (द) *मानक ताप व दाब पर 11200 मिली. नाइट्रोजन का भार 7 ग्राम होगा।*
   (इ) विक्टर मेयर विधि से क्लोरोफार्म व कार्बन टैट्राक्लोराइड का अणुभार ज्ञात कर सकते है। ( )

5. एक ठोस पदार्थ के 4·73 ग्राम को गर्म करने से गैस निकली जिसका मानक ताप व दाब पर 320 मिली. आयतन था और ठोस के भार में 0.63 ग्राम की कमी हो गई। गैस का अणुभार होगा लगभग .
   (अ) 22
   (ब) 33.
   (स) 44.
   (द) 11.
   (इ) इन चारों में से कोई भी नहीं। ( )

[उत्तर। 1. (ग) 2. (द) 3. (अ) 4. (ब) 5 (स)]

इकाई 8

तुल्यांकी भार

8.1 साधारण व्यवहार में हम विभिन्न पदार्थों की मात्राओं को भार की दृष्टि से बराबर होने पर समान मानते हैं। किन्तु रासायनिक दृष्टि से पदार्थ की उन मात्राओं को "समान" मानना उचित होगा जो रासायनिक परिवर्तन में समान अभिक्रिया करती हैं। 'समान' शब्द के स्थान पर रासायनिक दृष्टि से अधिक उपयुक्त शब्द 'तुल्य' प्रयोग किया जाता है। रासायनिक क्रियाओं में पदार्थों के संयोग के लिए प्रकृति द्वारा लगाई हुई सीमा का आभास रे के द्वारा 1630 में ही अनुभव किया गया था। उसके पश्चात् अनेक अन्य रासायनिक क्रियाओं में ऐसे परिणाम सामने आये जिनसे दो तत्त्वों के संयोग की एक से अधिक सीमाएँ होने का अनुमान लगाया गया। इस प्रकार की रासायनिक क्रियाओं के मात्रात्मक निरीक्षण से ज्ञात रासायनिक संयोग के नियमों को तुम चौथी इकाई में पढ़ चुके हो। सारणी 8.1 में कुछ यौगिकों की ज्ञात प्रतिशत रचना की सहायता से तत्त्वों के तुल्य भारों की गणना करने का प्रयास करते हैं।

सारणी 8.1

यौगिक	संयोग करने वाले तत्वों की प्रतिशत मात्रा	
1 जल	हाइड्रोजन 11·7	ऑक्सीजन 88 9
2 हाइड्रोक्लोरिक एसिड	हाइड्रोजन 2·7	क्लोरीन 97·3
3 मैगनीशियम ऑक्साइड	मैगनीशियम 60 0	ऑक्सीजन 40 0
4. मैगनीशियम क्लोराइड	मैगनीशियम 25·5	क्लोरीन 74,5
5. मैगनीशियम हाइड्रॉक्साइड	हाइड्रोजन 7 7	मैगनीशियम 92 3
6 सिल्वर ऑक्साइड	सिल्वर 93·1	ऑक्सीजन 6 9
7. सिल्वर क्लोराइड	सिल्वर 75·2	क्लोरीन 24 8

तुम जानते हो कि कार्बन का परमाणु भार 12 है। इसके तुल्यांकी भार व संयोजकताओं की गणना हम अभी कर चुके हैं। अब क्या तुम तुल्यांकी भार व परमाणु भार में सम्बन्ध देखते हो? इसके लिए सारणी 8 2 की सहायता लो।

सारणी 8 2

तत्त्व	परमाणु भार	यौगिक	संयोजकता	तुल्यांकी भार
हाइड्रोजन	1	HCl	1	1/1=1
कार्बन	12	CO	2	12/2=6
		CO_2	4	12/4=3
नाइट्रोजन	14	NH_3	3	14/3=4 6
		N_2O_5	5	14/5=2·8
ऑक्सीजन	16	H_2O	2	16/2=8
मैगनीशियम	24	MgO	2	24/2=12
सिल्वर	108	AgCl	1	108/1=108

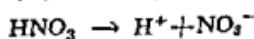
तुम देखोगे कि—

$$\text{तुल्यांकी भार} = \frac{\text{परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}}$$

अर्थात्

तुल्यांकी भार × संयोजकता = परमाणु भार

8.3 न केवल तत्त्वों के अपितु अम्लों, क्षारों, यौगिकों व मूलकों के भी तुल्यांकी भार होते है। जिनकी गणना उनकी सरचना के आधार पर कर सकते है।

(i) नाइट्रिक एसिड में हाइड्रोजन व नाइट्रेट आयन सयुक्त रहते हैं—

$$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$$

नाइट्रेट मूलक का 62 भाग भार (14+3×16=62) एक भाग हाइड्रोजन के भार से संयुक्त होता है।

अतएव, मूलक का तुल्यांकी भार = 62

नाइट्रिक एसिड के 63 भाग भार (1+14+48=63) से एक भाग भार हाइड्रोजन प्राप्त होती है

अतएव, नाइट्रिक एसिड का तुल्यांकी भार = 63

(ii) सल्फ्यूरिक अम्ल में हाइड्रोजन व सल्फेट आयन संयुक्त होते हैं — $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{=}$

यहां सल्फेट मूलक के 96 भाग भार (32+4×16=96) हाइड्रोजन के दो भाग भारों से संयुक्त होता है।

अतएव, सल्फेट मूलक का तुल्यांकी भार अर्थात्, एक इकाई हाइड्रोजन से संयुक्त होने वाला भार = 96/2 = 48 तथा सल्फ्यूरिक एसिड के 98 भाग भार 2+32+4×16=98 से दो भाग भार हाइड्रोजन प्राप्त होती है। अतएव, सल्फ्यूरिक अम्ल का तुल्यांकी भार = 98/2 = 49

अम्लों में विस्थापनीय हाइड्रोजन के परमाणुओं की संख्या को अम्ल की क्षारकता (Basicity) कहते हैं। यहां नाइट्रिक एसिड की क्षारकता 1 व सल्फ्यूरिक एसिड की 2 हुई। इन दोनों अम्लों के लिए हम देखते हैं कि

$$\frac{\text{अणुभार}}{\text{क्षारकता}} = \text{अम्ल का तुल्यांकी भार}$$

सारणी 8.3 में कुछ अम्लों की क्षारकता व तुल्यांकी भार संकलित किये गये हैं।

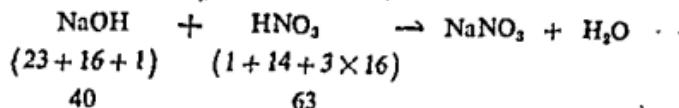
सारणी 8.3

अम्ल का नाम व अणुसूत्र		अणुभार	क्षारकता	तुल्यांकी भार
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल	HCl	36.5	1	36.5
नाइट्रिक अम्ल	HNO_3	63	1	63
एसिटिक अम्ल	CH_3COOH	60	1	60
सल्फ्यूरिक अम्ल	H_2SO_4	98	2	49
ऑक्सैलिक अम्ल	$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$	126	2	63

क्षारों के तुल्यांकी भार उनके भार भागों की वह संख्या है जो किसी अम्ल के तुल्यांकी भार को पूर्णतः उदासीन कर सके।

उदाहरणार्थ—

कॉस्टिक सोडा व नाइट्रिक अम्ल की क्रिया में :

$$\underset{\substack{(23+16+1)\\ 40}}{NaOH} + \underset{\substack{(1+14+3\times16)\\ 63}}{HNO_3} \rightarrow NaNO_3 + H_2O$$

63 भाग नाइट्रिक अम्ल को उदासीन करने के लिए 40 भाग कॉस्टिक सोडा लगता है। अतएव, कॉस्टिक सोडा का तुल्यांकी भार=40। जिस प्रकार अम्लों में विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं की सख्या क्षारकता कहलाती है उसी प्रकार क्षारो मे उपस्थित हाइड्रॉक्सिल मूलको (OH^-) की संख्या को क्षार की अम्लता (Acidity) कहते हैं।

8.4 यौगिकों के तुल्यांकी भार

यौगिकों के अवयवी तुल्यांकी भार मूलको के तुल्यांकी भारो के बराबर होते है। जैसे—

$CaCO_3$ का तु. भा. $=$ Ca^{++} का तु. भा $+$ CO_3^{--} का तु भा.

$$= \frac{Ca^{++} \text{का परमाणुभार}}{\text{सयोजकता}} + \frac{CO_3^{--} \text{ का अणुभार}}{\text{सयोजकता}}$$

$$= \frac{40}{2} + \frac{40+3\times16}{2}$$

$$= 50$$

8.5 तुल्यांकी भार ग्रामो मे प्रदर्शित किया जाने पर *ग्राम-तुल्यांकी भार (gram equivalent weight)* कहलाता है। उदाहरणार्थ, $CaCO_3$ का ग्राम-तुल्यांकी भार 50 ग्राम है। तुल्यांकी भारो की गणना करते समय सम्भव है तुमने यह विचार किया हो कि तुल्यांकी भार व मोल सख्या मे भी सम्बन्ध होना चाहिए।

तुम्हे ज्ञात है कि—

एक मोल में परमाणुओ की संख्या इस प्रकार निश्चित की गई है कि ऑक्सीजन के एक मोल परमाणुओं का भार 16 ग्राम हो।

यह सख्या वैज्ञानिकों द्वारा अनेकों प्रयोगों से $6\ 02\times10^{23}$ निश्चित की गई है। इसे एवोगैड्रो सख्या भी कहते है। अतएव, ऑक्सीजन के ग्राम-तुल्यांकी भार मे (8 ग्राम) ऑक्सीजन के मोलो की संख्या .

16 ग्राम ऑक्सीजन मे होते है 1 मोल परमाणु (अर्थात् $6\ 02\times10^{23}$)

$\therefore$ 8 ग्राम ऑक्सीजन मे होगे $1/16\times8=1/2$ मोल (अर्थात् $3{\cdot}01\times10^{23}$ परमाणु)

इसी प्रकार हाइड्रोजन के ग्राम-तुल्यांकी भार (1 ग्राम) में होगे

1 मोल ($6{\cdot}02\times10^{23}$ परमाणु)।

8.6 तुल्यांकी भार ज्ञात करने की प्रयोगात्मक विधियां

तुल्यांकी भार ज्ञात करने के लिए रासायनिक परिवर्तनों का मात्रात्मक अध्ययन करके हमे तत्त्वो की यह मात्रा ग्रामो मे ज्ञात करनी होती है जो किसी रासायनिक क्रिया मे एक ग्राम हाइड्रोजन

चित्र 8.2—वायुदाब पर गैस का आयतन निकालना

(5 मिली) अम्ल तथा शेषजल से भर कर एक डाट में तांबे के तार द्वारा मैगनीशियम के फीते को बांध कर नली में लगाते हैं। जल से भरे बीकर में उलटकर क्रिया होने देते हैं। तांबे का तार अम्ल से क्रिया नही करता तथा मैगनीशियम को बांधे रहता है अन्यथा यह हल्का होने के कारण ऊपर चला जायगा। क्रिया समाप्त होने पर गर्महिन हाइड्रोजन का आयतन भीतर व बाहर जल के तल को समान करके (चित्र 8 2) ज्ञात कर लेते हैं।

अवलोकन तालिका

(1) प्रयोग किये गये मैगनीशियम के फीते की मात्रा = 0 15 ग्राम

(2) हाइड्रोजन गैस का कमरे के तापक्रम एवं वायुमण्डलीय दाब पर एकत्रित

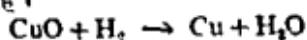
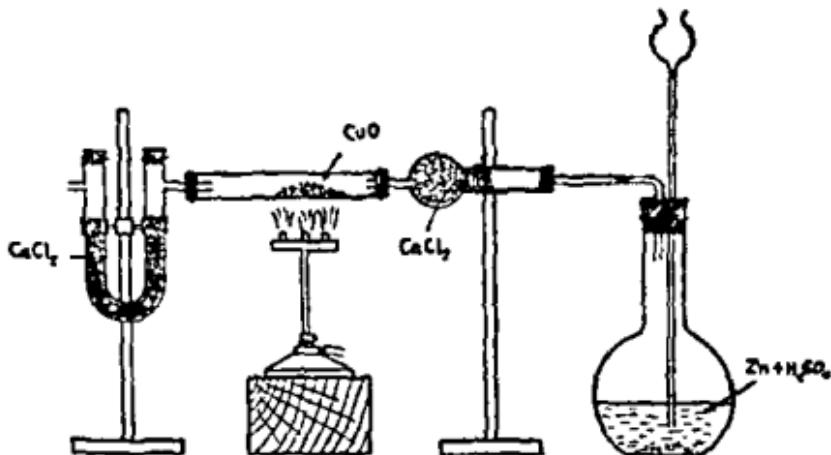
आयतन = Vt मिली.
वायुमण्डलीय दाब = P मिमी.
ताप = 27° से.

इस ताप पर जलवाष्प दाब = p मिमी.

गणना : गैस समीकरण की सहायता से शुष्क विस्थापित हाइड्रोजन गैस के आयतन की मानक दाब व ताप पर गणना कर लेते हैं। मान लो यह V मिली. है । अब हाइड्रोजन के ग्राम-अणुभार (2 ग्राम) का मानक दाब व ताप पर आयतन = 22 4 लीटर। अतएव, 1 ग्राम हाइड्रोजन का मानक दाब व ताप पर आयतन 11·2 लीटर, 1 मानक दाब व ताप पर V मिली हाइड्रोजन को विस्थापित करने वाले मैगनीशियम का भार = 0·15 ग्राम अतएव, 11·2 लीटर हाइड्रोजन को विस्थापित करने वाले मैगनीशियम का भार $= \frac{0\ 15 \times 11200}{V}$ = मैगनीशियम का ग्राम-तुल्यांकी भार

2 ऑक्सीजन विस्थापन विधि

इस विधि में यौगिक में तत्व से संयुक्त ऑक्सीजन से हाइड्रोजन गैस की क्रिया कराकर जल के रूप में विस्थापित किया जाता है। यह विधि हाइड्रोजन से सरलतापूर्वक क्रिया करने वाले ऑक्साइडों के लिए उपयुक्त है। इसे "ऑक्साइड अपचयन विधि" भी कहते हैं। उदाहरण के लिए कॉपर ऑक्साइड की क्रिया लेते हैं।

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

धातु की शुद्ध ऑक्साइड की ज्ञात मात्रा लेकर गर्म किया जाता है और इस पर शुष्क हाइड्रोजन गैस प्रवाहित की जाती है (चित्र 8.3)। रासायनिक क्रिया सम्पूर्ण होने पर प्राप्त धातु की मात्रा

चित्र 8.3—ऑक्सीजन विस्थापन विधि से तुल्यांक भार ज्ञात करना

ज्ञात करके गणना द्वारा धातु की वह मात्रा ली जाती है जो ग्राम ऑक्सीजन से संयुक्त रहती है।

3 यौगिक के जलीय विलयन से धातु विस्थापन विधि

यौगिकों के जलीय विलयन से धातु का विस्थापन दो प्रकार से किया जाता है

(i) यौगिकों के जलीय विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित करने से धातु के धनायन कैथोड पर एकत्रित हो जाते हैं। एक फैराडे (96500 कूलम्ब) विद्युत आवेश प्रवाहित करने से धातु का ग्राम-तुल्यांकी भार की मात्रा ऋणाग्र पर जमा हो जाती है। (एक एम्पीयर विद्युत धारा एक सेकण्ड प्रवाहित होने पर एक कूलम्ब आवेश प्रवाहित होता है।)

तुल्यांकी भार निकालने के लिए यह आवश्यक नहीं है कि विलयन में एक फैराडे विद्युत ही प्रवाहित की जाय। ज्ञात समय तक नियत विद्युत धारा प्रवाहित करके कैथोड पर एकत्रित धातु की मात्रा से फैराडे विद्युत प्रवाहित होने पर एकत्रित होने वाले धातु के भार की गणना कर ली जाती है। यही उसका तुल्यांकी भार होता है। इस प्रकार के जलीय विलयन सिल्वर नाइट्रेट, कॉपर सल्फेट, सोडियम क्लोराइड, आदि हैं। इस विधि का विस्तृत वर्णन अन्य इकाइयों में दिया गया है।

(ii) कुछ यौगिकों के जलीय विलयन में दूसरी धातु की छड़ी डालने पर विलयन के धनायन धातु के रूप में छड़ी पर एकत्रित हो जाते हैं तथा छड़ के परमाणु धनायन के रूप में विलयन में आ जाते हैं। यह आदान-प्रदान तुल्यांकी भारों के अनुपात में होता है। एक तत्व का तुल्यांकी भार तथा इस

आदान-प्रदान की मात्राएँ ज्ञात होने पर दूसरी धातु के तुल्यांकी भार की गणना की जा सकती है। उदाहरण के लिए सिल्वर नाइट्रेट के विलयन में तांबे का तार डालकर रखने पर विलयन का रंग तांबे के आयनों के बनने से धीरे-धीरे नीला हो जाता है तथा चांदी के कण बने हुए तार के ऊपर एकत्रित होते जाते हैं।

(ब) तुल्यांकी भार ज्ञात करने की प्रयोगिक विधियाँ

1 ऑक्साइड विधि

इस विधि में धातु की निश्चित मात्रा को वायुमण्डलीय ऑक्सीजन के साथ गर्म करके बनने वाले धातु के ऑक्साइड का भार ज्ञात कर लेते हैं। फिर 8 ग्राम ऑक्सीजन से संयोग करने वाली धातु की मात्रा गणना द्वारा ज्ञात कर लेते हैं। ग्रामों की यह संख्या धातु का तुल्यांकी भार होता है।

उदाहरण—5 ग्राम मैग्नीशियम को वायु में गर्म करने पर 8·35 ग्राम मैग्नीशियम ऑक्साइड प्राप्त हुआ। अतएव 5 ग्राम मैग्नीशियम से संयोग करने वाली ऑक्सीजन का भार $8.35 - 5 = 3{\cdot}35$ ग्राम

∴ 8 ग्राम ऑक्सीजन से संयोग करने वाले मैग्नीशियम का भार

$$= \frac{8 \times 5}{3.35}$$

$= 11{\cdot}95$ ग्राम

अधातुओं के ऑक्साइड प्रायः (फ्लोरीन को छोड़कर) गैस होते हैं। अतः अधातु का तुल्यांकी भार इस विधि से ज्ञात करना सुविधाजनक नहीं होता।

उदाहरण—मान लो 2.55 ग्राम शुद्ध कॉपर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन प्रवाहित करने पर 2.05 ग्राम तांबा प्राप्त हुआ।

इसलिए—विस्थापित ऑक्सीजन की मात्रा $= 2{\cdot}55 - 2.05$ ग्राम

$= 0.50$ ग्राम

अर्थात् 2.55 ग्राम कॉपर ऑक्साइड में

2.05 ग्राम तांबे से 0.5 ग्राम ऑक्सीजन संयुक्त थी

0.5 ग्राम ऑक्सीजन से संयोग करता है 2.05 ग्राम तांबा

∴ 8 ग्राम ऑक्सीजन से संयोग करेगा $\frac{2{\cdot}05 \times 8}{0{\cdot}5}$ ग्राम तांबा

$= 32.8$ ग्राम

तांबे का तुल्यांकी भार $= 32{\cdot}8$

2. क्लोराइड विधि

इस विधि का प्रयोग शुद्ध गणनाएं करने के लिए किया जाता है क्योंकि क्लोराइड यौगिकों के विलयन की सिल्वर नाइट्रेट से क्रिया कराने पर अत्यधिक अविलेय सिल्वर क्लोराइड प्राप्त होता है। इसकी सूक्ष्म विलेयता भी ज्ञात होने के कारण प्राप्त सिल्वर क्लोराइड के प्राप्त भार में संशोधन करके अत्यन्त शुद्ध गणनाएं करना सम्भव हो जाता है।

क्लोराइड यौगिक के ज्ञात भार का स्रवित जल में विलयन बना कर उसमें सिल्वर नाइट्रेट

का विस्थापन हटाते हैं। सिल्वर क्लोराइड के श्वेत अवक्षेप को सावधानी से विशेष भूसिलिकों से फिल्टर करके सान्द्र जल द्वारा धोकर सुखा लेते हैं। सिल्वर क्लोराइड के ज्ञात तुल्यांकी भार की सहायता से क्लोराइड यौगिक के तुल्यांकी भार की गणना के लिए प्रयोग में प्राप्त परिणामों का उदाहरण लेते हैं जिसमें 0.6215 ग्राम क्लोराइड यौगिक से 1.5210 ग्राम सिल्वर क्लोराइड प्राप्त हुआ।

मान लो तत्त्व का तुल्यांकी भार = क ग्राम

क्लोराइड यौगिकों का तुल्यांकी भार = क + सिल्वर का तु. भा.

= क + 107.88

सिल्वर क्लोराइड का तुल्यांकी भार = 107.88 + 35.46 = 143.34

अब प्रयोग से दोनों यौगिकों के भारों में भी उनके तुल्यांकी भारों में समान अनुपात होना चाहिए।

$$\text{अतएव,} \quad \frac{\text{क} + 107.88}{143} = \frac{0.6215}{1.5210}$$

$$\therefore \quad \text{क} \qquad \text{क} = 23.01$$

8.7 तुल्यांकी भारों का महत्त्व

तुम पिछली इकाइयों में देख चुके हो कि किस प्रकार रासायनिक अभिक्रियाओं के मात्रात्मक अध्ययन से रासायनिक संयोग के नियम ज्ञात हुए तथा द्रव्य की परमाणुओं द्वारा रचना, उनके स्वभाव व उनकी अणु रूप में स्वतन्त्र अवस्था में रहने की प्रकृति का अनुमान लगाना सम्भव हुआ।

तुल्यांकी भारों का विचार भी रासायनिक क्रियाओं के मात्रात्मक अध्ययन से ही विकसित हुआ। इससे रासायनिक गणनाओं में सहायता तो मिली ही किन्तु जो सबसे महत्त्वपूर्ण लाभ हुआ वह था परमाणु भार, संयोजकता व तुल्यांकी भार में सम्बन्ध का स्पष्ट होना। प्रयोगों से प्राप्त हो सकने वाली राशियां अर्थात् संयोजकता व तुल्यांकी भारों के ज्ञात होने पर एक अप्रत्यक्ष राशि परमाणु भारों की गणना करना सम्भव हो गया। इसका वर्णन तुम अगली इकाई में पढ़ोगे।

तुल्यांकी भारों की अपेक्षा मोल इकाई के व्यवहार से लाभ हम तुम्हें पहले बता चुके हैं कि आधुनिक रासायनिक गणनाओं में वैज्ञानिक मोल इकाइयों का उपयोग करने लगे हैं तथा यद्यपि तुल्यांकी भारों का रसायन के विकास में विशिष्ट महत्त्व रहा है, इनका प्रचलन अब हटता जा रहा है।

मोल इकाइयों के प्रयोग में रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेने वाले पदार्थों की संरचना का अधिक स्पष्ट अनुमान लगा सकते हैं, यह तो तुम इस इकाई में दिये गये उदाहरणों से स्वयं देख सकते हो।

कॉपर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन अभिक्रिया से तांबे के तुल्यांकी भार की गणना करने पर हमने पाया कि तांबे का तुल्यांकी भार 32.8 है। इस परिणाम से हमें केवल इतनी सूचना प्राप्त होती

है कि 8 भाग ऑक्सीजन के भार से 32·8 भाग तांबे की अभिक्रिया होगी। इसके स्थान पर यदि हम मोल इकाइयों का प्रयोग करें तो उपरोक्त तथ्य इस प्रकार रखा जायगा—

$\frac{1}{2}$ मोल ऑक्सीजन तांबे के $\frac{1}{2}$ मोल से अभिक्रिया करती है, क्योंकि 8 ग्राम ऑक्सीजन $= \frac{1}{2}$ मोल ऑक्सीजन के परमाणु $= \frac{1}{2}$ मोल ऑक्सीजन तथा 32·8 ग्राम* ताबा $= \frac{1}{2}$ मोल तांबे के परमाणु (लगभग) $= \frac{1}{2}$ मोल ताबा।

इस प्रकार की मोल सूचना से तुरत आभास हो जाता है कि ऑक्सीजन तथा तांबे के परमाणु बराबर सख्या मे संयोग करते रहे हैं क्योंकि दोनों तत्वों के आधा आधा मोल परमाणु ($3{\cdot}01 \times 10^{23}$) अभिक्रिया मे भाग लेते हैं। स्पष्ट है कि बनने वाले यौगिक तांबे के ऑक्साइड की रचना CuO होनी चाहिए।

इसके अतिरिक्त आधुनिक रसायन मे सभी रासायनिक क्रियाओ को इलैक्ट्रॉनो के आदान-प्रदान अथवा साझे के आधार पर समझने का प्रयत्न किया जाता है। तुम अगली इकाइयो मे पढोगे कि मोल इकाइयो के प्रयोग से रासायनिक अभिक्रियाओ मे इलैक्ट्रॉन विनिमय का अनुमान लगाने मे किस प्रकार सुविधा रहती है तथा जब तक वैज्ञानिक केवल पदार्थों की रासायनिक क्रियाओ का मात्रात्मक अध्ययन करते रहे, तब तक तुल्यांकी भार (रासायनिक दृष्टि से जो सयोगी भारो की तुलना दर्शाता है) एक उपयुक्त माप था। किन्तु अब, जब कि रासायनिक क्रियाओ का अणु व परमाणुओ की सख्या के स्तर पर अध्ययन किया जाने लगा है, तुल्यांकी भार के स्थान पर मोल इकाइयो का उपयोग न केवल सुविधाजनक ही है अपितु एक अनिवार्य आवश्यकता बन गया है।

पुनरावलोकन

एक इकाई भार हाइड्रोजन, 8 इकाई भार ऑक्सीजन व 35·5 इकाई भार क्लोरीन को विस्थापित करने अथवा सयोग करने वाले भारो को तुल्यांकी भार कहते है।

ऑक्सीजन के 8 इकाई भारो का मानक मान कर तुल्यांकी भारों की गणना करना सुविधाजनक है।

अम्लों, क्षारो व यौगिको के तुल्यांकी-भार उनके अवयवी मूलको व तत्वों के तुल्यांकी भारो के योग व रासायनिक क्रिया पर निर्भर करते हैं।

विभिन्न यौगिकों में किसी तत्व की सयोजकताए विभिन्न होने के फलस्वरूप तत्वों व यौगिको के तुल्यांकी भार एक से अधिक भी सम्भव हैं।

---

* तांबे का ग्राम परमाणु भार = 63·5 अतएव, 32·8 ग्राम तांबे मे लगभग $\frac{1}{2}$ मोल तांबे के परमाणु होंगे।

$$\text{तुल्यांकी भार} = \frac{\text{परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}}$$

तुल्यांकी भार मुख्य रूप से निम्न विधियों द्वारा ज्ञात किया जाता है—

तुल्यांकी भार ज्ञात करने की विधियां

- विस्थापन विधियां
  - हाइड्रोजन विस्थापन विधि
  - ऑक्सीजन विस्थापन विधि
  - विलयन से धातु विस्थापन
- संयोजक विधियां
  - ऑक्साइड विधि
  - क्लोराइड विधि

यद्यपि तुल्यांकी भारों का रसायन की गणनाओं व विकास में महत्वपूर्ण योग रहा तथा इससे परमाणु भार की गणनाएं सम्भव हुईं किन्तु मोल इकाई का प्रयोग अब तुल्यांकी भारों का स्थान लेता जा रहा है क्योंकि इससे हमें अभिकारकों, रासायनिक क्रियाओं व उत्पादों की संरचना का अधिक व स्पष्ट अनुमान लग सकता है।

अध्ययन प्रश्न

1. एक धातु के क्लोराइड में 47.22% धातु पाई गई। इस धातु का तुल्यांकी भार क्या होगा?
2. 1.0 ग्राम चांदी को HNO_3 में घोला गया। विलयन में HCl मिलाने से प्राप्त सिल्वर क्लोराइड को सुखा कर तौला गया। इसका भार 1.328 ग्राम था। चांदी का तुल्यांकी भार ज्ञात करो।
3. 0.24 ग्राम धातु को गर्म किया गया। इस प्रकार बनी इसकी ऑक्साइड का भार 0.40 ग्राम पाया गया। धातु का तुल्यांकी भार क्या होगा?
4. किसी तत्व के 1.15 ग्राम की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया होने पर 22.4 घन सेमी. हाइड्रोजन गैस सा. ता. दा. पर प्राप्त हुई। तत्व का तुल्यांकी भार ज्ञात करो।
5. एक क्रुसिबिल का भार 17.48 ग्राम है। इसमें तांबे की कुछ छीलन रखने पर इसका भार 18.53 ग्राम हो गया। इस क्रुसिबिल में नाइट्रिक अम्ल की इतनी बूंदें डाली कि तांबा पूरी तरह घुल गया। अब क्रुसिबिल को धीरे-धीरे गर्म करके विलयन का वाष्पन किया गया। इसके बाद क्रुसिबल को तेज गर्म किया गया, इसके बाद इसे ठण्डा करके तौल लिया। क्रुसिबिल का भार 18.79 ग्राम पाया गया। बताओ तांबे का तुल्यांकी भार क्या होगा?
6. तुल्यांकी भार निकालने की विस्थापन एवं संयोजन विधियों का छोटे-छोटे उदाहरण देकर वर्णन करो।
7. क्या अम्ल, लवण एव क्षार का भी तुल्यांकी भार इन्हीं विधियों द्वारा ज्ञात होता है? अन्यथा वर्णन करो।

(स) 0·49 ग्राम

(द) 4·9 ग्राम

(इ) 9·8 ( )

4. 3·45 ग्राम धातु मानक दाब व ताप पर 1680 मिली. हाइड्रोजन विस्थापित करती है। धातु का तुल्यांकी भार होगा

(अ) 46

(ब) 23

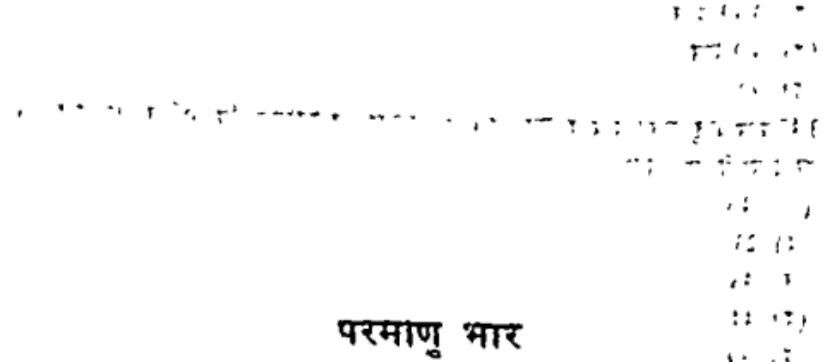
(स) 48

(द) 44

(इ) 40 ( )

[उत्तर 1—(स) . 2—(अ) 3—(द) 4—(ब)]

इकाई 9

परमाणु भार

9.1 परमाणुओं का भार आपेक्षिक भार होता है

प्रतिदिन के व्यवहार में तुम वस्तुओं की तौल पौण्ड, किलोग्राम, आदि में करते हो। परन्तु क्या तुम यह जानते हो कि पौण्ड, किलोग्राम क्या हैं ? यह मानक संस्थाओं में रखे गये विशिष्ट मात्रा के धातुओं के टुकड़े हैं जिन्हें वैज्ञानिकों के अन्तरराष्ट्रीय संघ ने तौल की मानक इकाइयों के रूप में लिया है। उपयोग के लिए आने वाले एक पौण्ड या एक किलो का भार इन मानक भारों के बराबर होता है। तुमने प्रयोगशाला में पदार्थों के एक ग्राम के सौवें भाग (जिसे 10 मिलीग्राम कहते हैं) की सहायता से तौला होगा। यह कितना सूक्ष्म होता है ? पदार्थ परमाणु से संरचित होते हैं, तुम्हारे द्वारा उपयोग किये मिलीग्राम के भार में अरबों खरबों परमाणु होते हैं। इससे तुम अनुमान लगा सकते हो कि एक परमाणु का भार कितना होता होगा।

ब्रह्माण्ड में द्रव्य की उत्पत्ति प्रक्रिया में सर्वप्रथम उत्पन्न होने वाला तत्त्व हाइड्रोजन है। इसे द्रव्य की मौलिक अवस्था भी कहते हैं। इसलिए वैज्ञानिक प्राउट ने परिकल्पना की थी कि विभिन्न तत्त्वों के परमाणु हाइड्रोजन परमाणुओं से मिलकर बने हैं। यद्यपि यह परिकल्पना ठीक नहीं पाई गई, किन्तु डाल्टन के सुझाव के अनुसार हाइड्रोजन के भार को मानक मानकर अन्य पदार्थों के परमाणु के आपेक्षिक भार को प्रदर्शित अवश्य किया जाने लगा।

हाइड्रोजन मानक के अनुसार :

$$\text{तत्त्व का परमाणु भार} = \frac{\text{तत्त्व के एक परमाणु का भार}}{\text{हाइड्रोजन के एक परमाणु का भार}}$$

क्योंकि यह एक अनुपात है, इसकी इकाई नहीं होती, फिर भी यदि हाइड्रोजन के एक परमाणु का भार एक इकाई (एक परमाणु भार इकाई) मान लिया जाय तो अन्य तत्त्वों के परमाणुओं के भार इन परमाणु भार इकाइयों (प.भा.इ.) में भी दिये जा सकते हैं। यह तुम पिछली इकाइयों में देख चुके हो। इस आधार पर की गई गणनाओं से ऑक्सीजन का परमाणु भार 15·87 हुआ। इसके पश्चात् बर्जीलियस, कैनीजेरो तथा स्टास ने अपने प्रयोगों के आधार पर परमाणु भार की मानक हाइड्रोजन के स्थान पर ऑक्सीजन के परमाणु भार की 16 मानक इकाई को अधिक उपयुक्त ठहराया। ऑक्सीजन के परमाणु भार को 16·000 मानक को अंतरराष्ट्रीय समिति ने भी स्वीकार किया।

इस मान के आधार पर हाइड्रोजन का परमाणु भार 1·008 होता है।

$$\text{तत्व का परमाणु भार} = \frac{\text{तत्व के परमाणु का भार}}{\text{ऑक्सीजन के परमाणु भार का } \frac{1}{16} \text{ भाग}}$$

परमाणु भार का ऑक्सीजन मानक भी अब मान्य नहीं रहा है क्योंकि वैज्ञानिकों ने पाया कि ऑक्सीजन का अवलोकित परमाणु भार इसके तीन समस्थानिकों (Isotopes) O^{16}, O^{17}, तथा O^{18} का औसत भार है। इन तीनों आइसोटोपों की प्रकृति से प्राप्त आपेक्षिक मात्रा में अन्तर पाया गया। अतएव, इसे विश्वस्त मानक न पाकर वैज्ञानिकों की अन्तरराष्ट्रीय समिति ने 1961 में C^{12} को मानक निर्धारित किया।

वैज्ञानिकों के मतानुसार एक ही समस्थानिक* के भार को मानक मानना अधिक उपयुक्त होता है क्योंकि उसके मान में परिवर्तन नहीं होता जैसा कि मिश्रित समस्थानिकों में होता है। क्या कार्बन के अलावा दूसरे समस्थानिकों को मानक नहीं माना जा सकता था? ऐसा अवश्य ही किया जा सकता था, परन्तु एक मानक का मान बदलने से तत्वों के सभी प्राप्त परमाणु भारों में अधिक अन्तर आ जाता है। अतः अन्त में यह सोचा गया कि उस मानक का चयन किया जाय जिससे पुराने मानकों से प्राप्त परमाणु भारों में अल्पतम विचलन हो।

इस आधार पर मानक के अनुसार ऑक्सीजन का परमाणु भार 16 के स्थान पर 15·9999 आता है। इस अन्तिम निर्णय से सभी परमाणु भारों का अन्तर 1,000,000 में 43 की कमी पायी गयी। अब यह सभी-रासायनिक तथा भौतिक शास्त्रियों को मान्य है।

9.2 परमाणु भार कैसे ज्ञात किये जाते हैं

(i) कैनीज़ेरो विधि

सारणी 9.1 में कार्बन के कुछ वाष्पशील यौगिकों के अणुभार व संगठन संकलित किए गए हैं;

सारणी 9.1

वाष्पशील यौगिक	मात्रात्मक संगठन	अणुभार	मानक दाब व ताप पर 22·4 लीटर का भार
कार्बन मोनोक्साइड	कार्बन 12 आक्सीजन 16	28	28 ग्राम
कार्बन डाइऑक्साइड	कार्बन 12 आक्सीजन 32	44	44 ग्राम
मीथेन	कार्बन 12 हाइड्रोजन 4	16	16 ग्राम
ऐथिलीन	कार्बन 24 हाइड्रोजन 4	28	28 ग्राम
प्रोपिलीन	कार्बन 36 हाइड्रोजन 6	42	42 ग्राम
कार्बन डाइसल्फाइड	कार्बन 12 गंधक 64	76	76 ग्राम

* इसके विषय में विस्तृत जानकारी तुम्हें अगली इकाई में प्राप्त होगी।

अब विचार करो कि इन परीक्षणों से यद्यपि ऐसा पता तो अवश्य चलता है कि कार्बन मोनाक्साइड का एक अणु हाइड्रोजन के एक परमाणु से 28 गुना भारी है, इसमें हाइड्रो 12 गुना भार के बराबर कार्बन है तथा ऑक्सीजन 16 गुने भार के बराबर है, किन्तु निश्चयता पूर्वक नहीं कह सकते कि कार्बन, ऑक्सीजन के ये भार कितने परमाणुओं के क्योंकि इन प्रायोगिक आंकड़ों से कार्बन मोनोक्साइड का सूत्र ज्ञात नहीं किया जा इसके लिए केवल अनुमान लगाया जा सकता है। सबसे सरल अनुमान हम यह लगा कि सूत्र अनुसार एक परमाणु कार्बन व एक परमाणु ऑक्सीजन के कारण हो। अर्थात् हमने मोनोऑक्साइड के एक अणु का सूत्र CO मान लिया। इस मान्यता के आधार पर सकते हैं कि कार्बन का एक परमाणु हाइड्रोजन से 12 गुना व ऑक्सीजन का परमाणु 1 भारी है।

किन्तु यदि यह मान्यता ठीक न हो और कार्बन मोनोऑक्साइड में दो कार्बन के परमा एक ऑक्सीजन के एक अणु में (जो हाइड्रोजन के एक परमाणु से 28 गुना भारी है) हा से 12 गुना भारा कार्बन के भार का दो कार्बन परमाणुओं के कारण हुआ अर्थात् एक परमाणु हाइड्रोजन से 6 गुना भारी हुआ। ध्यान रहे कि यहां हमने एक प्रकार से कार्बन मोनोऑ का सूत्र C_2O पुनः मान लिया है। इसी प्रकार, यह भी माना जा सकता है कार्बन का एक व आक के दो परमाणु संयोग करते हों तब कार्बन का परमाणु भार 12 व आक्सीजन का 8 होना चा यहां भी कार्बन मोनोक्साइड का सूत्र CO_2 माना ही गया है। अतः यह निश्चय करने के इस विषय में विवेकपूर्ण मान्यता पर ही निर्भर रहने के अतिरिक्त कोई मार्ग नहीं प्रतीत हो यही कठिनाई स्वयं डाल्टन के सम्मुख भी आई। उन्होंने इसका हल यह मान कर निकाल प्रयत्न किया कि यदि दो तत्वों से संगठित कोई एक यौगिक ज्ञात हो तो हमें इसका संगठन प्र तत्व के एक-एक परमाणु से बना मान लेना चाहिए।

तुम पिछली इकाइयों में पढ़ चुके हो कि इस मान्यता के आधार पर गे-लुसैक ने गैस आयतनों के संयोग को समझने में किस प्रकार असंगति पाई व एवोगैड्रो ने अणु की परिक प्रस्तुत करके इसका निराकरण किया। परमाणु भार को निश्चित करने के लिए कैनीजेरो ने इ तर्कपूर्ण हल निकाला। उनके अनुसार यदि केवल एक या दो यौगिकों के ही परिणाम उप हों तो जैसे कार्बन के उपरोक्त उदाहरण में हमारे पास केवल एथिलीन व प्रोपिलीन एक परि हो तो यह सम्भावना अधिक है कि इनमें वह यौगिक न हो जिसके अणुओं में तत्व के सबसे अर्थात् एक परमाणु हो। ऐसी अवस्था में अणु में जिस भार को हम एक तत्व के एक परम के कारण समझकर परमाणु भार मान लें तो दो परमाणुओं के कारण, और हमारा माना परमाणु भार ठीक परमाणु भार से दुगुना या तिगुना होगा।

अतएव, कैनीजेरो के अनुसार किसी तत्व का परमाणु भार उसके सभी वाष्पशील यौगि के अणुभारों में उपस्थित उसके न्यूनतम भार भाग को मानना चाहिए। इस प्रकार माना हु परमाणु भार अधिक होने की सम्भावना तो है और कभी भी यदि किसी नए अणु में इससे क भार ज्ञात होने पर यह उसका गुणज सिद्ध हो सकता है किन्तु अनेकों यौगिकों के अध्ययन से सम्भावना कम रह जाती है। इस आधार पर—

ेरो विधि के पद :

1. तत्व के अनेकों वाष्पशील यौगिकों के अणुभार ज्ञात किये जाते है।
2. इनका रासायनिक संगठन ज्ञात करके इनके अणुभारों में तत्व के भार भागों की गणना की जाती है।
3. इनमें सबसे कम भार भाग को परमाणु भार मान लिया जाता है। इस विधि में एक दो कमियां हैं, तुम स्पष्टतापूर्वक देख सकते हो।
4. प्रत्येक तत्व के अधिक से अधिक यौगिकों का चयन आवश्यक होता है, अन्यथा परमाणु भार की उच्च मात्रा प्राप्त होने की अधिक सम्भावना रहती है।
5. सभी यौगिकों का वाष्प घनत्व या ग्राम-अणुभार निकालना सम्भव नहीं होता। दूसरी विधियों से निकाला गया ग्राम अणुभार का मान शुद्ध नहीं होता।

अतः इस विधि से ज्ञात परमाणु भार में अनिश्चितता तो रहती ही है, साथ ही इसका मान 'लगभग' ज्ञात होता है।

(ii) तत्वों की विशिष्ट ऊष्मा द्वारा

1819 में फ्रांस के वैज्ञानिक ड्यूलांग तथा पेटिट ने विभिन्न ठोस तत्वों की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात करने पर एक मनोरंजक सम्बन्ध खोज निकाला कि तत्वों के परमाणु भार एवं विशिष्ट ऊष्मा का गुणनफल हमेशा लगभग 6 4 होता है। इसको परमाणु ताप अथवा परमाणु ऊष्मा कहते है। तुम भी इस तथ्य को सारणी 9.2 में देख सकते हो।

सारणी 9.2

तत्व	परमाणु भार	विशिष्ट ऊष्मा	परमाणु ऊष्मा (परमाणु भार × विशिष्ट ऊष्मा)
मैगनीशियम	24 3	0 248	6 0
गंधक	32 0	0 175	5 6
लोहा	55 8	0 112	6 3
कॉपर	63·5	0 095	6 0
जिंक	64 4	0 093	6 1
टिन	118·7	0 054	6·4
आयोडीन	126 9	0 052	6·6
सोना	197 0	0 031	6 1
लेड	207 2	0 031	6 4

अतएव, तत्व का परमाणु भार × विशिष्ट ऊष्मा = 6 4 (लगभग)

ड्यूलांग व पेटिट द्वारा ज्ञात सम्बन्ध की सहायता से किसी तत्व की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात होने पर उसके परमाणु भार की गणना करना सम्भव है। किन्तु गुणनफल शुद्ध व सुनिश्चित न होने के कारण इस नियम की सहायता से गणना करने पर प्राप्त परमाणु भार भी परिशुद्ध (accurate) मान नहीं होता व केवल इसका लगभग (approximate) मान प्राप्त हो पाता है।

परमाणु भार के परिशुद्ध मान की गणना उपरोक्त विधियों से प्राप्त निकटतम मान व इसके तुल्यांकी भार व संयोजकता में सम्बन्ध की सहायता से की जाती है। तुम इस सम्बन्ध का अध्ययन पिछली इकाइयों में कर चुके हो। यह गणना इस प्रकार की जाती है—

1. पहले प्रयोगों द्वारा तत्व का परिशुद्ध तुल्यांकी भार ज्ञात किया जाता है। तुम इसके लिए प्रयुक्त कुछ विधियों का वर्णन पढ़ चुके हो। उदाहरण के लिए हाइड्रोजन विस्थापन विधि द्वारा किसी तत्व का तुल्यांकी भार 9 01 ज्ञात किया गया।

2. कैनीजेरो या ड्यूलाग-पेटिट नियम की सहायता से ज्ञात परमाणु भार के लगभग मान की गणना की जाती है। उपरोक्त अ तत्व की विशिष्ट ऊष्मा 0·215।

$$\text{परमाणु भार का लगभग मान} = \frac{6·4}{0·215} = 29·76$$

3. अब ज्ञात सूत्र, परमाणु भार=तुल्यांकी भार × संयोजकता में परमाणु भार के ज्ञात लगभग मान व तुल्यांकी भार के मान को रखकर संयोजकता ज्ञात की जाती है : $\frac{29·76}{9·01} = 3·02$

किन्तु संयोजकता का मान पूर्णांक होना चाहिए। अतएव, प्राप्त संयोजकता के मान को निकटतम पूर्णांक कर लिया जाता है।
यहा संयोजकता का मान=3

4. परिशुद्ध तुल्यांकी भार को संयोजकता के पूर्णांक मान से गुणा करके परिशुद्ध परमाणु भार की गणना करली जाती है।

परिशुद्ध परमाणु भार=तुल्यांकी भार × संयोजकता
तत्व अ का परमाणु भार = 9 01 × 3
= 27 03

पुस्तक के अंतिम पृष्ठ पर C^{12} मानक के अनुसार तत्वों के परमाणु भारों को संकलित किया गया है। तुम्हारे मन में यह प्रश्न अवश्य उठे होंगे कि पदार्थ तो परमाणुओं से बने है, परमाणुओं की रचना किस से हुई?

परमाणुओं के भार भिन्न-भिन्न किस कारण होते हैं, इनके समस्थानक क्यों व कितने होते है?
इन प्रश्नों के उत्तर तुम्हें अगली इकाई में प्राप्त होंगे।

(iii) क्लोराइड के वाष्प घनत्व द्वारा

तत्व का वाष्पशील क्लोराइड बनाकर उसका वाष्प घनत्व ज्ञात कर लेने पर तत्व के परमाणु भार की गणना निम्न प्रकार से की जाती है—

(क) सर्वप्रथम दिए हुए आकड़ों से तुल्यांकी भार ज्ञात करना।
(ख) क्लोराइड के वाष्प घनत्व को दुगना करके अणुभार ज्ञात करना।
(ग) सूत्र

$$\text{तत्व की संयोजकता} = \frac{\text{तत्व के क्लोराइड का अणुभार}}{\text{तत्व का तुल्यांकी भार + क्लोरीन का परमाणु भार}}$$

द्वारा संयोजकता ज्ञात करना।

उपर्युक्त सूत्र निकालना—

माना कि तत्त्व की संयोजकता x, तुल्यांकी भार E और प्रतीक M है ।

तत्त्व का परमाणु भार $= E \times x$

तत्त्व के क्लोराइड का सूत्र $= MCl_x$

तत्त्व के क्लोराइड का अणुभार = तत्त्व का परमाणु भार + x × क्लोरीन का परमाणु भार

$$= E \times x + x \times 35.5$$

$$= x[E + 35.5]$$

अत $x = \dfrac{\text{तत्त्व के क्लोराइड का अणुभार}}{E + 35.5}$

$$= \frac{\text{तत्त्व के क्लोराइड का अणुभार}}{\text{तत्त्व का तुल्यांकी भार + क्लोरीन का परमाणु भार}}$$

(घ) तुल्यांकी भार को संयोजकता के पूर्णांक से गुणा करके परमाणु भार ज्ञात करना ।

उदाहरण—एक तत्त्व के 3.12 ग्राम को वायु में जलाने पर 9·36 ग्राम ऑक्साइड प्राप्त हुआ । यदि तत्त्व के क्लोराइड का वाष्प घनत्व 59.25 है तो परमाणु भार एवं संयोजकता ज्ञात करो ।

3.12 ग्राम तत्त्व से संयोग करने वाली

ऑक्सीजन की मात्रा $= 9{\cdot}36 - 3.12$ ग्राम

$= 6{\cdot}24$ ग्राम

∴ 8 ग्राम ऑक्सीजन से संयोग

करने वाले तत्त्व की मात्रा $= \dfrac{3.12}{6.24} \times 8$

$= 4$ ग्राम

अत तत्त्व का तुल्यांकी भार $= 4$

तत्त्व के क्लोराइड का अणुभार $= 59{\cdot}25 \times 2$

$= 11{\cdot}85$

तत्त्व की संयोजकता $= \dfrac{\text{तत्त्व के क्लोराइड का अणुभार}}{\text{तत्त्व का तुल्यांकी भार} + 35.5}$

$= \dfrac{11.85}{4 + 35.5}$

$= 3$

तत्त्व का परमाणु भार $= 4 \times 3$

$= 12$

अत. तत्त्व की संयोजकता 3 एवं परमाणु भार 12 है ।

पुनरावलोकन

परमाणु अत्यन्त सूक्ष्म होते हैं। व्यवहार में उनके भार परमाणु भार इकाइयों में प्रयुक्त करना सुविधाजनक रहता है। पहले हाइड्रोजन के परमाणु के भार को एक इकाई मानकर (परमाणु भार इकाई) अन्य तत्त्वों के परमाणु भार ज्ञात किये गये। उसके पश्चात् ऑक्सीजन के परमाणु के भार को 16 इकाई परमाणु भार इकाई माना गया इस मानक से हाइड्रोजन के परमाणु भार 1·008 प. भा. ई. होता है। आजकल कार्बन के C–12 स्थान को परमाणु का भार प. भा. इ. मान मानक मान लिया गया है। परमाणु का भार लगभग मान दो विधियों से ज्ञात किया जाता है। कैनीजेरो विधि व ड्युलांग-पेटिट विधि। परिशुद्ध तुल्यांकी भार व परमाणु भार के लगभग मान की सहायता से संयोजकता ज्ञात करके इसके पूर्णांक मान से परिशुद्ध तुल्यांकी भार को गुणा करके परिशुद्ध तुल्यांकी भार का मान प्राप्त किया जाता है।

अध्ययन प्रश्न

1. परमाणु भार मानक के विकास का कारण बताते हुए संक्षेप में वर्णन करो। आजकल परमाणु भार मान की कौनसी इकाई का उपयोग किया जाता है ?
2. परमाणु भार निकालने की "कैनीजेरो विधि" में क्या-क्या सीमाएँ हैं ? इस विधि को किन परिस्थितियों के काम में लिया जाता है ? उदाहरण देकर स्पष्ट करो।
3. एक धातु के ब्रोमाइड में 81·08 ब्रोमीन है। धातु की विशिष्ट ऊष्मा 0·11 है। धातु का तुल्यांकी भार व संयोजकता ज्ञात करो।
4. किसी तत्त्व की विशिष्ट ऊष्मा 0·031 कैलोरी प्रति ग्राम प्रति डिग्री है। इस तत्त्व के 25·9 ग्राम आक्सीजन से संयुक्त होते हैं। तत्त्व का परमाणु भार ज्ञात करो।
5. एक धातु के शुद्ध कार्बोनेट के 1·5 ग्राम को गर्म करने पर 0·855 ग्राम ऑक्साइड बना। यदि धातु की संयोजकता दो हो अथवा एक हो तो इसके परमाणु-भारों का ज्ञात करो।

अभ्यास प्रश्न

1. कार्बन-12 परमाणु परमाणु भार का अन्तरराष्ट्रीय मानक है क्योंकि—
   (अ) कार्बन का एक ही समस्थानिक होता है।
   (ब) कार्बन के आइसोटोप का परमाणु भार 12 है।
   (स) जीव-जन्तुओं में कार्बन सर्वव्यापक तत्त्व है।
   (द) [illegible]
   (इ) परमाणु भार लगभग पूर्णांक है। ( )
2. C–12 के अनुसार तत्त्व ऑक्सीजन का परमाणु भार
   (अ) लगभग 16 है।
   (ब) 16 से कुछ कम है।
   (स) 16 से अधिक है।
   (द) लगभग 16 है [illegible]
   (इ) कम [illegible] 16 है [illegible] ( )

3. ड्यूलाग व पैटिट नियम द्वारा परिशुद्ध परमाणु भार की गणना करने के लिए निम्न मानों की आवश्यकता होती है :
   (अ) विशिष्ट ऊष्मा व परमाणु ऊष्मा।
   (ब) विशिष्ट ऊष्मा व संयोजकता।
   (स) विशिष्ट ऊष्मा, परमाणु ऊष्मा व तुल्यांकी भार।
   (द) तुल्यांकी भार व परमाणु ऊष्मा।
   (इ) परमाणु ऊष्मा व संयोजकता। ( )

4—यह सत्य है कि
   (अ) तत्त्व का परमाणु भार = तत्त्व का तुल्यांकी भार × संयोजकता
   (ब) तत्त्व का अणुभार = 2 × वाष्प घनत्व
   (स) तत्त्व का परमाणु भार = 6·4 × तत्त्व की परमाणु ऊष्मा
   (द) तत्त्व के वाष्पशील क्लोराइड का अणुभार = तत्त्व का परमाणु भार + 35 5
   (इ) हाइड्रोजन का परमाणु भार = मानक दाब व ताप पर 22·4 लीटर हाइड्रोजन का भार ( )

5—एक तत्त्व M है जिसका तुल्यांकी भार 9 है और वह एक क्लोराइड MCl_3 बनाता है। तत्त्व का परमाणु भार होगा—
   (अ) 18 7.
   (ब) 9.
   (स) 27.
   (द) 36.
   (इ) 45

[उत्तर : 1—(द) 2—(ब) 3—(स) 4—(अ) 5—(स)]

इकाई 10

परमाणु संरचना

10.1 पदार्थ परमाणुओं से बने हैं, परमाणु किससे बने हैं ?

डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त की संकल्पनाओं को ध्यान में रखकर तुम्हारे सम्मुख परमाणु की क्या रूपरेखा आती है ? संभवतः तुमने भी परमाणु की कल्पना छोटी-छोटी गोलियों के रूप में की हो। ये परमाणु किससे बने हैं ? विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के गुण क्यों भिन्न होते हैं ? इन प्रश्नों का उत्तर डाल्टन की संकल्पना में नहीं मिलता।

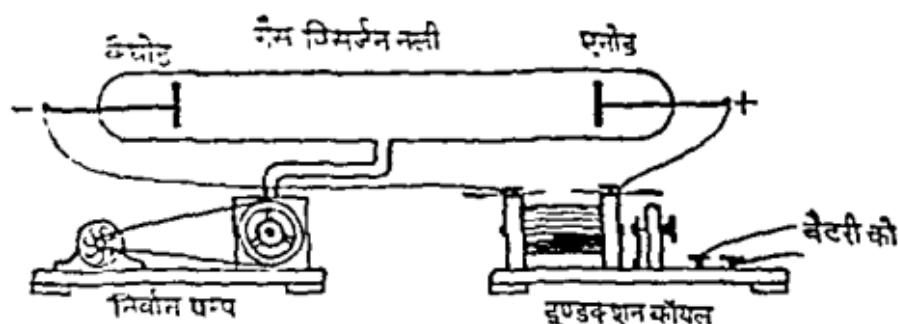
प्राउट महोदय ने इस आधार पर कि हाइड्रोजन का परमाणु भार सब तत्वों से कम है, 1815 में यह परिकल्पना रखी कि अन्य सभी तत्वों के परमाणु हाइड्रोजन के परमाणुओं के विभिन्न समूहों से ही बने हैं। यदि यह धारणा सत्य हो तथा यदि हाइड्रोजन के परमाणु भार को इकाई मान लें तब अन्य तत्वों के परमाणु भार पूर्णांकों में आने चाहिए। प्रारम्भ में तो इस विचार को बड़ा समर्थन मिला किन्तु प्रयोगों के परिणामों की कसौटी पर यह खरा न उतरा। चाहे कितनी भी सावधानी क्यों न रखी गई, आधे से अधिक तत्वों के परमाणु भार पूर्णांक नहीं आए।

जोसेफ जॉन टॉमसन

(1856–1940—ब्रिटिश)

जे.जे. टॉमसन प्रसिद्ध अंग्रेज भौतिक वैज्ञानिक थे। उन्होंने कैथोड किरणों के विचित्र व्यवहार का अध्ययन किया और बताया कि ये किरणें चुम्बकीय व वैद्युतिक क्षेत्रों से प्रभावित होकर अपने मार्ग से विचलित हो जाती हैं।

टॉमसन ने कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय में कैवेण्डिश भौतिक प्रयोगशाला के मुख्य अधिकारी के रूप में कार्य किया। उनके नेतृत्व में यह विश्वविद्यालय परमाणु रचना पर शोध कार्य का प्रमुख केन्द्र बन गया।

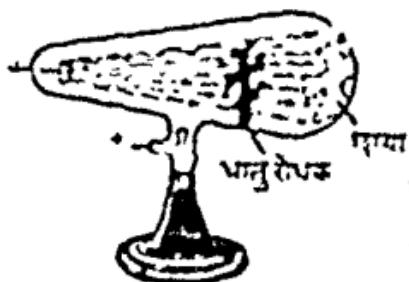
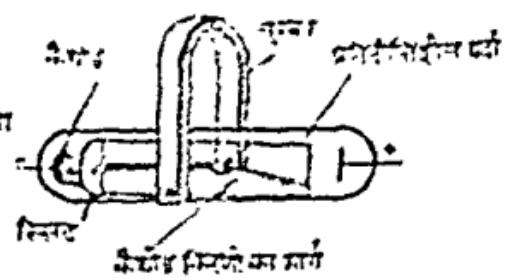
[illegible] गैसों में विद्युत विसर्जन के रोचक परिणामों का कारण [illegible] है। सामान्य परिस्थितियों में गैसों में विद्युत प्रवाह सम्भव नहीं होता। अतएव, उनका [illegible] ([illegible]) के रूप में किया जाता है। किन्तु यह देखने पर कि अत्यन्त उच्च विभव पर इलेक्ट्रोडों के मध्य विद्युत विसर्जन हो जाता है, यह प्रश्न उठा कि क्या शून्य में भी विद्युत विसर्जन सम्भव है? इसके अध्ययन के लिए उन्नीसवीं शताब्दी के अन्तिम वर्षों में अनेक प्रयास किये गये व कई उपकरण बनाये गये। चित्र 10.1 में उदाहरण के लिए युक्त नली दर्शाई गई है।

चित्र 10.1—कम दाब पर गैसों में विद्युत विसर्जन अध्ययन का उपकरण

शून्यक पम्प द्वारा दाब कम करने व इण्डक्शन कॉइल द्वारा उच्च विभव लगाने पर नली में विद्युत विसर्जन के रोचक रूप दीख पड़ते हैं जो चित्र 10.2 में दर्शाए गए हैं।

लगभग 10 मिमी. दाब पर नली में पतली गुलाबी चिगारी एक इलेक्ट्रोड से दूसरे तक दौड़ती है तथा धीमे शोर के साथ विसर्जन होता है।

लगभग 5 मिमी. दाब होने पर एक गुलाबी रंग की दीप्ति सारी नली में व्याप्त हो जाती है, शान्त विसर्जन होने लगता है तथा कैथोड चमकने लगता है।

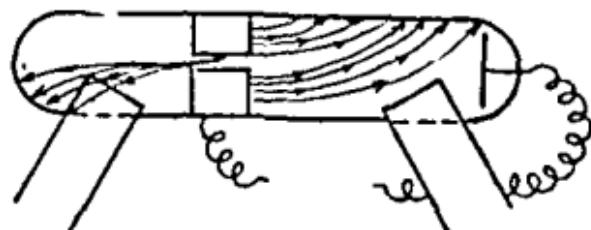
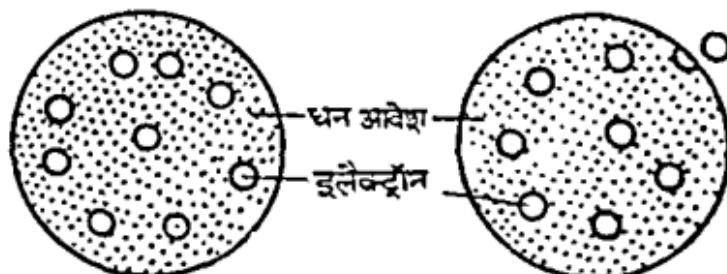
1 मिमी. के लगभग दाब करने पर यह गुलाबी दीप्ति की पट्टी टूट जाती है, कैथोड व

चित्र 10.2—दाब को क्रमशः घटाने पर विसर्जन नली में परिवर्तन

नली मे पूर्ण शून्य के लगभग दाब ले आया जाय तो विद्युत विसर्जन रुक जाता है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि (1) नली मे विद्युत प्रवाह के लिए कुछ न कुछ आवश्यक है, तथा (2) कैथोड किरणें ऋण आवेशित कणो मे बनी है।

विद्युत विसर्जन का वर्षों तक अध्ययन करने के पश्चात् जे. जे. टॉमसन महोदय ने यह विचार किया कि कैथोड किरणो के यह ऋण आवेशित कण कही नली मे ली गई गैस के परमाणुओ के टूटने से ही न बने हो। उन्होंने यह भी देखा कि विसर्जन नली में कोई भी गैस क्यो न लें, हमेशा पाया गया है कि ये ही ऋण आवेशित कण बनते हैं। अतएव, उन्होंने यह अनुमान भी लगाया कि सभी परमाणुओ की रचना मे ये कण अवश्य समान होते हैं।

इलैक्ट्रॉन शब्द का प्रयोग विद्युत के कणो के लिये 1881 से ही किया जा रहा था। टॉमसन इन ऋण कण इलैक्ट्रॉनो के भार व उनके आवेश अनुपात e/m की गणना करने में सफल हुए किन्तु इलैक्ट्रॉनो के आवेश व भार को पृथक रूप से ज्ञात नही कर पाए।

कुछ वर्ष पश्चात् ज्ञात हुआ कि इनका भार एक हाइड्रोजन परमाणु के भार का $\frac{1}{1840}$ वा भाग होता है।

विद्युत विसर्जन नली में छिद्र युक्त कैथोड लेने पर (चित्र 10 6) कैथोड किरणो के अतिरिक्त कैथोड के छिद्र से होकर विपरीत दिशा मे, आवेशित कणो का एक अन्य प्रवाह भी पाया गया। ये कण धन आवेशित थे। इन्हें धन किरणें या 'कैनाल किरणें' कहा जाता है। विभिन्न गैसो को नली मे लेने पर बनने वाले धन कणो के e/m भिन्न-भिन्न होते हैं। इन परिणामो के आधार पर टॉमसन महोदय ने परमाणुओं को धन तथा ऋण विद्युत कणो से रचित माना। (चित्र 10.7 अ) मे टॉमसन द्वारा प्रस्तावित परमाणु का प्रतिरूप दर्शाया गया है। गैसो द्वारा विद्युत विसर्जन को इस प्रतिरूप द्वारा इस प्रकार समझाया गया कि इनमे ऋण कण मुक्त होकर विद्युत का परिचालन करते हैं व कैथोड किरणो के रूप मे प्राप्त होते हैं।

चित्र 10 6—कैनाल किरणें

चित्र 10.7—टॉमसन का "प्लम-पुडिंग" मॉडल

यह चित्र 10.7 ब मे प्रदर्शित है। इसे टॉमसन का "प्लम पुडिंग"* मॉडल कहते है।

10.2 परमाणु की इस रचना के अनुमान से फिर अनेक प्रश्न उठ खडे हुए—जैसे यह कि परमाणु से धन व ऋण कण एक दूसरे को निरावेशित क्यो नही कर देते ?

अरनेस्ट रदरफोर्ड

(1871–1936—न्यूजीलैण्ड)

रदरफोर्ड टॉमसन के विद्यार्थी थे। मौजले, चैडविक (न्यूट्रान के आविष्कारक), गीगर एवं बोहर उनके विद्यार्थी थे। 1908 में रेडियोधर्मिता पर उनके शोध कार्य के लिए रदरफोर्ड को नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया। उनकी परमाणु भौतिकी की खोजों पर उन्हें 'सर' और उसके पश्चात् 'लार्ड' की उपाधि से विभूषित किया गया।

इन्ही दिनों पेरिस (फ्रान्स) मे बैक्युरल (1896) कुछ यूरेनियम यौगिकों का अध्ययन कर रहे थे जो काले कागज मे लिपटे रहने पर भी फोटो प्लेटो पर प्रभाव डाल कर उन्हे धुंधला कर देते थे। पहले तो वह समझते रहे कि धूप से शक्ति ग्रहण करके यह पदार्थ ऐसी किरणें उत्पन्न करते है जो फोटो को धुंधला कर देती है। किन्तु यह देख कर कि अंधेरे मे रहने पर भी ये पदार्थ फोटो प्लेटो पर प्रभाव डाल सकते है उन्होने यह परिणाम निकाला कि इन यूरेनियम के यौगिकों मे से ही ऐसी तीक्ष्ण किरणे निकलती है जो फोटो प्लेटो को प्रभावित करने की क्षमता रखती है। उन्होने यह भी सोच कर कि सम्भव है किसी अज्ञात तत्त्व से ही ये किरणे निकल रही है, पेरिस की ही एक विज्ञान शिक्षिका मेरी क्यूरी से इस तत्त्व को पृथक करने के लिए कहा।

मैडम मेरी क्यूरी

(1867–1939—पोलेण्ड)

श्रीमती क्यूरी तथा उनके पति पीयर क्यूरी को उनके रेडियोधर्मी शोध कार्य पर बैक्युरल के साथ 1903 में भौतिकी पर नोबेल पुरस्कार मिला। एक दुर्घटना में इनके पति की मृत्यु के 5 वर्ष बाद उन्हें नोबेल पुरस्कार मिला। इस बार यह पुरस्कार इन्हें रसायन में मिला। यह प्रथम अवसर था कि किसी वैज्ञानिक को दो बार नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ हो ।

* पाश्चात्य देशो मे भोजनोपरान्त परोसी जाने वाली मिठाई पुडिंग कहलाती है। इसमे प्लम नामक फल जगह जगह लगा दिये जाते है। हमारे देश मे इसका उदाहरण बूंदी के लड्डू मे दे सकते हैं जिसमे बूंदी के रूप मे धन आवेश के कण हो तथा काले इलायची के दाने ऋण आवेश प्रदर्शित करें।

मेरी क्यूरी व उनके पति पीयर क्यूरी साथ मिलकर इस कार्य में जुट गए। उन्होंने पदार्थों द्वारा ऐसी तीक्ष्ण किरणों के निकलने को पदार्थ की रेडियो-एक्टिवता का गुण कहा। उन्होंने अथक परिश्रम द्वारा अन्त में एक के स्थान पर दो नए तत्वों की खोज की। इनका नाम इन्होंने पोलोनियम व दूसरे का रेडियम रखा। कई टन पिचब्लैण्ड नामक खनिज से रेडियम की सूक्ष्म मात्रा ही प्राप्त होसकी। किन्तु यह यूरेनियम की अपेक्षा तीन लाख गुना अधिक रेडियो-एक्टिव निकला।

चित्र 10.8—रेडियो-एक्टिव विकिरण

रेडियो-एक्टिव पदार्थों से निकलने वाले कणों पर विद्युत क्षेत्र के प्रभाव के अध्ययन से ज्ञात हुआ कि इसमें तीन प्रकार की किरणें हैं :

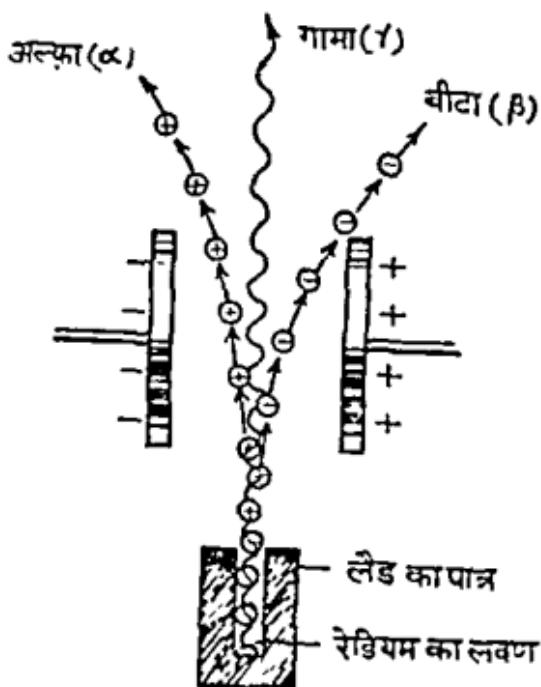
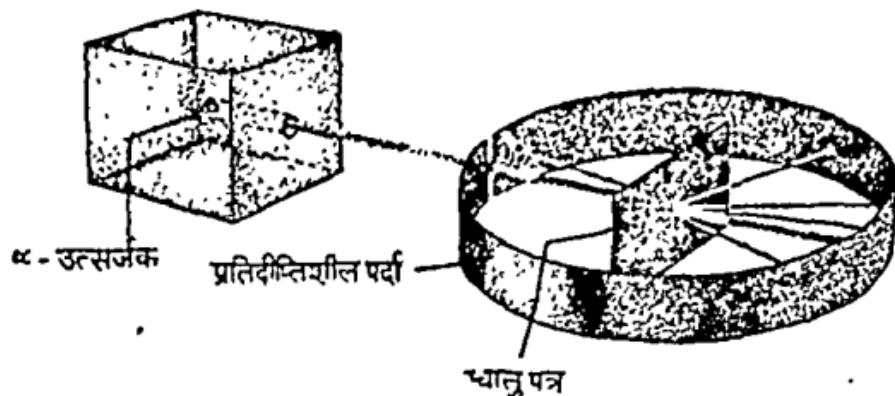
पहली वे जो ऋण ध्रुव की ओर आकर्षित हुई। इन्हें अल्फा (α) किरणें कहा गया। रदरफोर्ड नामक न्यूज़ीलैण्ड के भौतिक विज्ञानी ने इन किरणों को अपने अध्ययन में धनआवेश युक्त ही हीलियम गैस के आवेशित आयन पाया।

दूसरी जिन्होंने धनात्मक ध्रुव की ओर अत्यधिक झुकाव प्रदर्शित किया, बीटा (β) किरण कहलाईं। बैक्युरल ने इनको कैथोड किरणों के समान e/m व इनके ऋण आवेश के आधार पर इलैक्ट्रोनों का विवरण ही दर्शाया (चित्र 10.8)।

तीसरे प्रकार की किरणें विद्युत क्षेत्र से अप्रभावित रहीं, इन्हें गामा (γ) किरणें कहा गया। इनके गुण तीव्र एक्स-किरणों जैसे थे।

10.3 इन रेडियो-एक्टिव विकिरणों की सहायता से परमाणु की रचना का रहस्य कैसे खुला ?

1909 में रदरफोर्ड के दो शिष्यों गीगर व मार्सडन ने α कण किरणों का सोने के झीने पत्र में से गमन का अध्ययन किया। अधिकांश α कण तो सीधे ही दूसरी ओर निकल आए, कुछ कणों का बड़े कोणों में प्रकीर्णन हो गया, यहाँ तक कि लगभग 8000 में से एक कण तो पूरे 90° कोण पर विक्षेपित हो गया। 20,000 में से एक का विक्षेपण तो और भी अधिक हुआ। वह 180° विक्षेपित हो गया अर्थात् उल्टा लौट पड़ा। इस घटना से रदरफोर्ड कितने आश्चर्यचकित हो गए यह उन्हीं के शब्दों में सुनिये :

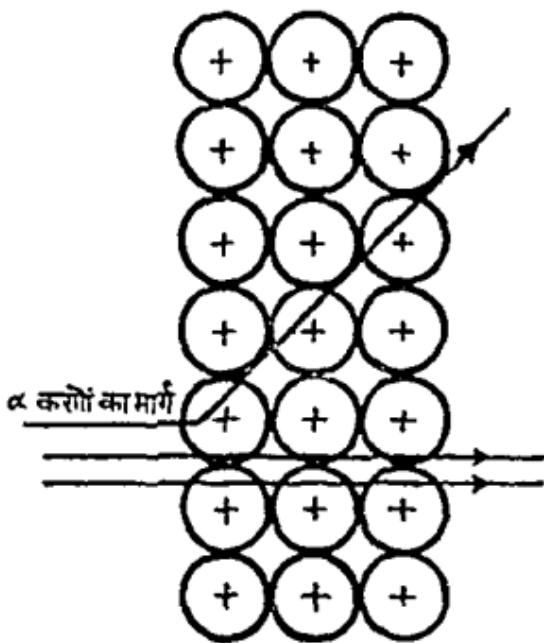
"यह मेरे जीवन की सबसे अविश्वसनीय घटना थी। यह इतनी ही अविश्वसनीय थी जितनी

यह कि कोई कहे कि 15 इंच मोटी तोप से निकला गोला एक कागज से टकरा कर लौट आया और चलाने वाले पर उल्टी चोट कर बैठा।"

चित्र 10.9—रदरफोर्ड का प्रयोग

यदि डाल्टन की संकल्पनाओं में निहित परमाणु का स्वरूप ठोस गोले जैसा हो तो सभी α कण टकरा कर लौट आने चाहिए थे। किन्तु ऐसा न होकर अधिकांश α कण निकल गए जैसे छलनी में से होकर निकल जाएं।

यदि टॉमसन द्वारा प्रस्तावित धन आवेश के वितरित इलैक्ट्रॉनों वाले परमाणु के स्वरूप का विचार करें तो α कणों का विकिरण चित्र 10.9 के अनुसार होता। ये अधिक से अधिक केवल कुछ डिग्री तक ही मुड़ते। इसके विपरीत प्रयोग द्वारा प्राप्त परिणाम तभी समझ सकते हैं जब कि धन आवेश अत्यन्त संकीर्ण स्थान में केन्द्रित हो जैसा चित्र 10.10 व 10 11 में दर्शाया गया है।

चित्र 10.10—टॉमसन द्वारा प्रस्तावित परमाणु संरचना के अनुसार कणों का आपेक्षित प्रकीर्णन

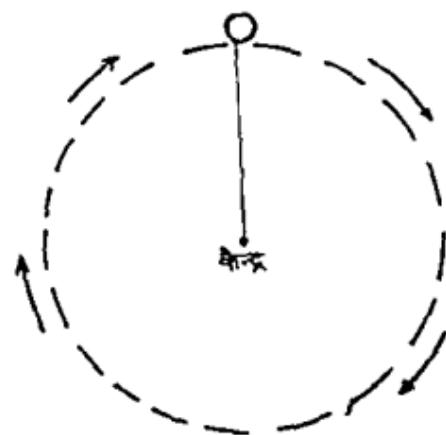
अतएव, रदरफोर्ड ने अनुमान लगाया कि चूंकि केवल कुछ ही α कण पूरी तरह विक्षेपित हुए, सोने के परमाणु के भीतर कोई अत्यन्त सूक्ष्म व अत्यधिक घना व धन आपेक्षित भाग है जिसके कारण यह सम्भव हुआ। हाइड्रोजन से $\frac{1}{1840}$ वें भाग भार वाले इलेक्ट्रॉनों के कारण तो ऐसा हो नहीं ही सकता।

α करों का मार्ग

चित्र 10.11—रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित परमाणु संरचना के अनुसार कण प्रकीर्णन

दो वर्षों तक इस प्रकार के α कणों के विकिरण के अध्ययन को समझने के लिए उन्होंने परमाणु के ऐसे स्वरूप की कल्पना की जिसमें परमाणु का सारा भार व धन आवेश एक केन्द्र (Nucleus) में एकत्रित हो।

गणनाओं के द्वारा परमाणु का ज्ञात व्यास एक सेण्टीमीटर का लगभग करोड़वां भाग (1×10^{-8} सेमी) तथा न्यूक्लियम का व्यास 1×10^{-12} सेमी पाया गया। परमाणु में केन्द्रक के छोटे आकार का अनुमान हमें इस प्रकार हो सकता है कि यदि एक परमाणु फुटबाल के मैदान जितने व्यास का मानें तो केन्द्रक का आकार उसमें बैठी एक मक्खी से अधिक नहीं होगा।

इलैक्ट्रॉन न्यूक्लियस के चारों ओर तीव्र गति से घूमते रहते हैं इस कारण विपरीत अपकेन्द्री बल से न्यूक्लियम का आकर्षण सन्तुलित हो जाता है। चित्र 10.12 में यह सतुलन दर्शाया गया है।

चित्र 10.12—अपकेन्द्री बल

रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित परमाणु के स्वरूप से परमाणु रचना का रहस्य कितना सुलझा ?

तुम्हें ऐसा प्रतीत होता होगा कि रदरफोर्ड के परमाणु स्वरूप को मानकर α कणों का प्रकीर्णन सरलता से समझाया जा सकता है। अतएव इसे मानने में कोई कठिनाई नहीं होनी चाहिए।

इस सम्बन्ध में तुम्हें यह अन्य तत्वों से अवगत कराते हैं जिनके कारण परमाणु के उपरोक्त स्वरूप को पूरी तरह मान्यता न मिल सकी तथा उसमें आवश्यक परिवर्तन करने पड़े।

इलेक्ट्रॉनों का न्यूक्लियस के चारों ओर घूमना द्रुत दोलनों के समकक्ष है तथा इस कारण विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्पन्न होनी चाहिए। इसके फलस्वरूप इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा में धीरे-धीरे कमी आती जानी चाहिए तथा अंत में इलेक्ट्रॉन न्यूक्लियस में ही समा जाना चाहिए (चित्र 10.13)।

चित्र 10.13

वैज्ञानिकों के प्रेक्षण इसके विपरीत है। परमाणुओं से प्राप्त स्पैक्ट्रम संतत (Continuous) न होकर असतत होता है।

प्रेक्षित परमाणु उत्सर्जन व अवशोषण स्पैक्ट्रमों की व्याख्या भी रदरफोर्ड के परमाणु स्वरूप द्वारा सम्भव नहीं हुई।

10.4 स्पैक्ट्रम

तुम सूर्य के प्रकाश के स्पैक्ट्रम से परिचित हो। स्पैक्ट्रोस्कोप के द्वारा सूर्य के प्रकाश का स्पैक्ट्रम देखने पर उसमें अनेकों काली-काली रेखाएं दीख पड़ती हैं जिन्हें फ्रॉनहॉफर रेखाएं कहते हैं। इनकी उपस्थिति का कारण ज्ञात करने में कुछ अन्य स्पैक्ट्रमों के अध्ययन से बड़ी सहायता मिली। तुम भी इन स्पैक्ट्रमों का ध्यान पूर्वक अध्ययन करके न केवल फ्रॉनहॉफर रेखाओं के रहस्य को ही समझ सकते हो अपितु परमाणुओं की संरचना की पहेली को सुलझाने के लिये किये गये रोचक तथ्य प्राप्त कर सकते हो। बर्नर की दीप्ति रहित ज्वाला में सोडियम का टुकड़ा जलाने पर चमकदार पीला प्रकाश उत्पन्न होता है। स्पैक्ट्रोस्कोप से देखने पर एक पीली रेखा दीखती है। सोडियम वाष्प वत्ती के प्रकाश से भी स्पैक्ट्रम में पीली रेखा बनती है।

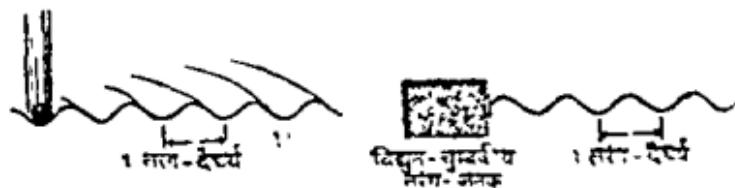
ऐसे स्पैक्ट्रम को जो पदार्थों को तप्त करने पर प्राप्त होते हैं, उत्सर्जित स्पैक्ट्रम कहते हैं।

प्रत्येक तत्व के उत्सर्जन स्पैक्ट्रम मे विशिष्ट रेखाए ही प्राप्त होती है जिनसे उन्हे पहचाना जा सकता है।

जलते हुए विद्युत बल्ब का स्पैक्ट्रम श्वेत गर्म टगस्टन के तार के प्रकाश से बनता है। यह सतत (Continuous) स्पैक्ट्रम कहलाता है। यदि इससे निकले प्रकाश का स्पैक्ट्रम सोडियम की वाष्प मे से होकर आने पर देखे तो इस सतत स्पैक्ट्रम से उसी स्थान पर दो काली रेखाए दीख पडती हैं जहा सोडियम के उत्सर्जन की रेखाएं होती हैं। इसी प्रकार सभी पदार्थों की वाष्पो या द्रवो मे से होकर आने पर बनने वाले स्पैक्ट्रमों मे उन्ही स्थानो पर काली रेखाए दीख पडती हैं जहा उनकी उत्सर्जन रेखाएं होती हैं। ऐसे स्पैक्ट्रम को अवशोषण स्पैक्ट्रम कहते है।

फ्रॉनहोफर रेखाएं सूर्य के प्रकाश के विभिन्न तत्वों की वाष्पो मे मे होकर आने के कारण बनती है। ये वाष्प सूर्यमडल के बाहरी भाग मे रहता है। इनके अतिरिक्त भी अनेकों प्रकार के अन्य स्पैक्ट्रम तुम अगली कक्षाओं मे पढोगे। यहा हम उनका वर्णन न करके स्पैक्ट्रम बनने के कारणो व उनमे प्राप्त ज्ञान का उपयोग परमाणु सरचना को समझने मे करेंगे।

स्पैक्ट्रम क्यों बनते हैं ?

तुमने शान्त जल मे पत्थर का टुकडा गिरने पर उठने वाली तरगो का अवलोकन किया होगा (चित्र 10.14)। ये तरगें अनुप्रस्थ तरगें (Transverse Waves) कहलाती हैं। तुमने भौतिकी मे इनकी विशेषताए पढी होंगी। इनमे माध्यम के कणो का दोलन ऊर्जा के चलने की दिशा का लम्ब दिशा मे होता है।

चित्र 10.14—शान्त जल मे पत्थर डालने से उठने वाली अनुप्रस्थ तरगे विद्युत-चुम्बकीय तरगें

वायु मे ध्वनि उत्पन्न किये जाने पर देशान्तरीय तरगे (Longitudinal Waves) बनती है। इन तरगो के माध्यम कणो का दोलन ऊर्जा के चलने की दिशा मे ही होता है।

विभिन्न माध्यमो मे ऊर्जा का सचार इन्ही दो प्रकार की तरगो द्वारा होता है। ऊर्जा सचार के वेग को तरगो का वेग कहा जाता है। यह वेग तरगो की प्रकृति, माध्यम की प्रकृति, ताप व दाब इत्यादि अनेको कारको पर निर्भर करता है। उदाहरणार्थ ध्वनि की गति वायु मे 331 36 metres sec तथा जल मे 1500 metres/sec. है।

ऊर्जा का बिना माध्यम के सचरण वैद्युत चुम्बकीय तरगो द्वारा होता है। प्रकाश, ताप, कॉस्मिक किरणे आदि सभी विद्युत-चुम्बकीय तरगो के उदाहरण है। ये तरगे आवेश के दोलन या त्वरण के कारण उत्पन्न होती है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक आइन्सटीन के अनुसार इनका वेग किसी भी द्रव्य कण

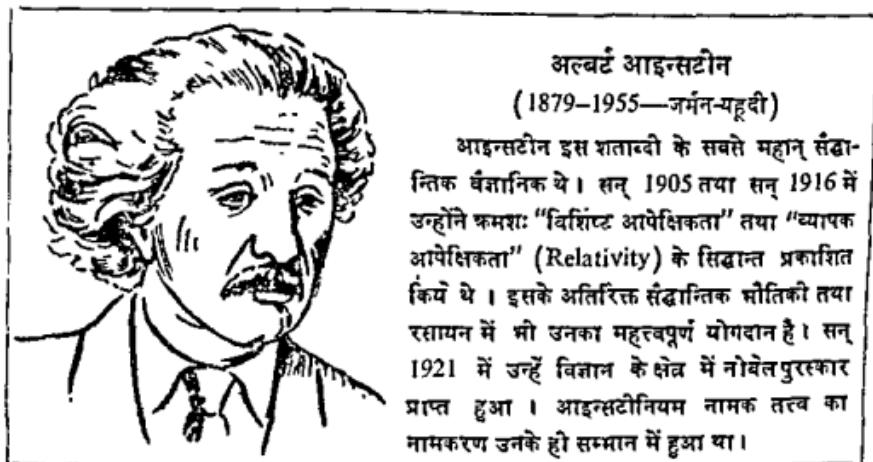
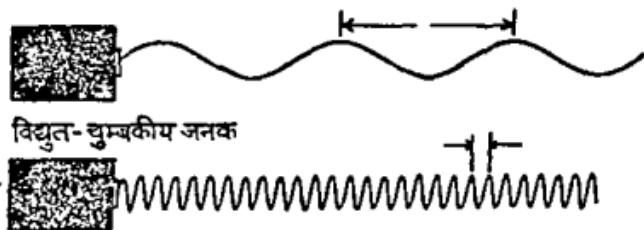
द्वारा प्रभावित नहीं होता । इस प्रकार यह समस्त गणनाओं के लिए एक अनोखा मानक है। इनके द्वारा प्रस्तावित ऊर्जा व संहति के प्रसिद्ध सम्बन्ध

$$E = mC^2 \qquad \ldots\ldots (10.1)$$

मे C प्रकाश वेग है जो सभी विद्युत चुम्बकीय तरंगों के लिए समान है। इसका मान हमेशा 3×10^8 मीटर प्रति सेकण्ड पाया गया है। इन तरंगों का वेग अपरिवर्तनीय है। तब प्रकाश, ताप, रेडियो, विद्युत-चुम्बकीय तरंगो मे इतना अंतर क्यों होता है ?

अल्बर्ट आइन्सटीन

(1879–1955—जर्मन-यहूदी)

आइन्सटीन इस शताब्दी के सबसे महान् सैद्धान्तिक वैज्ञानिक थे। सन् 1905 तथा सन् 1916 में उन्होंने क्रमशः "विशिष्ट आपेक्षिकता" तथा "व्यापक आपेक्षिकता" (Relativity) के सिद्धान्त प्रकाशित किये थे। इसके अतिरिक्त सैद्धान्तिक भौतिकी तथा रसायन में भी उनका महत्त्वपूर्ण योगदान है। सन् 1921 में उन्हें विज्ञान के क्षेत्र में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। आइन्सटीनियम नामक तत्त्व का नामकरण उनके ही सम्मान में हुआ था।

चित्र 10.15 में भिन्न-भिन्न तरंग दैर्घ्यों (तरंग लम्बाई) की तरगें दर्शाई गई हैं। प्रत्येक दैर्घ्य मे एक तरंग गिनते है। तरंग दैर्घ्य को ग्रीक अक्षर λ (लेम्डा) द्वारा प्रदर्शित करते हैं। एक स्थान पर खड़े होकर किसी बिन्दु से होकर जाने वाली तरंगों को गिने तो इन दोनों का वेग समान होने के

चित्र 10.15—तरंग लम्बाई

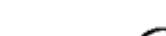
कारण हम पाएगे कि एक सेकण्ड में लम्बे तरंग दैर्घ्य वाली तरंगों की कम संख्या तथा छोटे तरंग दैर्घ्यों वाली तरगों की अधिक संख्या उस बिन्दु से होकर आयेगी। एक सेकण्ड में किसी बिन्दु से होकर जाने वाली तरंगों की संख्या को तरंग की आवृत्ति कहते हैं। इसे ग्रीक अक्षर ν (न्यू) से प्रदर्शित किया जाता है।

अतएव, हम सरलता से देख सकते हैं कि—

ऊर्जा द्वारा एक सेकण्ड में पार की गयी दूरी } = तरंग दैर्घ्य × एक सेकण्ड में एक बिन्दु से होकर जाने वाली तरंगों की संख्या

$$C = \lambda\nu \quad \ldots\ldots \quad (10.2)$$

यद्यपि सभी चुम्बकीय तरंगों की गति समान होती है, इनकी तरंग दैर्घ्य व आवृत्ति विभिन्न होती है। इसी भिन्नता के कारण इनके गुणों में इतना अंतर होता है। चित्र 10.16 में विभिन्न आवृत्तियों की तरंगें दर्शाई गई हैं। हमारी ज्ञानेन्द्रियां इनके अत्यन्त छोटे से अंश (प्रकाश व ऊष्मा) का ही प्रत्यक्ष अनुभव कर पाती हैं। अधिक आवृत्ति वाली तरंगों में अत्यधिक ऊर्जा समाई होती है।

चित्र 10.16—विभिन्न आवृत्तियों की तरंगें

ये लोहे, लैड, इत्यादि धातुओं की चद्दरों की विभिन्न मोटाइयों का (अपनी आवृति के अनुसार) वेधन करती हुई पार निकल जाती है। अत्यधिक आवृति वाली कॉस्मिक किरणें पदार्थ के परमाणुओं का विखण्डन कर देती है। इस टकराव में आधुनिक खोजों के अनुसार, एण्टी-मैटर बनता है जो किसी भी पदार्थ के परमाणुओं मे टकरा कर उसे नष्ट करने की क्षमता रखता है। यहा इनके विस्तार मे न जाकर इस समस्या पर पुनः लौट आते है कि स्पैक्ट्रम क्यों बनते है ?

आवृति की भिन्नता के कारण विभिन्न तरंग दैर्घ्यों वाली तरगे प्रिज्म मे से होकर आने पर विभिन्न कोणों पर अपवर्तित हो जाती हैं। इसी कारण स्पैक्ट्रम बनता है। प्रकाश तरग λ दैर्घ्य को एगस्ट्राम या मिलिमाइक्रॉन इकाइयों मे नापते है। एक सेंटीमीटर मे 10 करोड़ एगस्ट्राम इकाइया होती है। इस इकाई का नाम एंगसट्राम नामक वैज्ञानिक द्वारा स्पैक्ट्रमों पर किये गये अनेकों अनुसधानों के सम्मान में उनके नाम पर ही रखा गया है। इसे $\mathring{A}$ द्वारा प्रदर्शित करते है। एक सेंटीमीटर के दस लाखवें भाग को माइक्रॉन कहते है। इसे M द्वारा प्रदर्शित करते है। माइक्रॉन के एक हजारवें भाग को मिलीमाइक्रॉन कहते है, इसे mv से प्रदर्शित करते हैं।

$$1\ cm = 1 \times 10^{8}\ \mathring{A} \quad \ldots.$$

4000 से लेकर 7000 तक के तरग दैर्घ्यों का अनुभव हमें प्रकाश के रूप मे होता है। $\mathring{A}$ तरग दैर्घ्य वाला प्रकाश पीला लगता है। सोडियम को बर्नर ज्वाला मे जलाने पर प्राप्त प्र अनुभव करते है।

अब तुम समझ सकते हो कि उत्सर्जन स्पैक्ट्रम मे दीखने वाले अनेकों रंग व रेखाएं ः ही विभिन्न आवृतियों व तरंग दैर्घ्यों को प्रदर्शित करती है। तुम्हे यह भी ज्ञात है कि तत्व f उत्सर्जन स्पैक्ट्रम मे विशिष्ट तरंग दैर्घ्य व आवृति को प्रदर्शित करने वाली रेखाएं ही प्राप्त हे ये ही तरंग दैर्घ्य व आवृति इस तत्व के अवशोषण स्पैक्ट्रम काली रेखाओ के रूप मे दीख पड़ने

अतएव, हम इन अवलोकनों को निम्न शब्दो मे रख सकते है—

तत्व ऊर्जा का उत्सर्जन व अवशोषण विशिष्ट आवृतियों व तरगदैर्घ्यों मे ही करते है क्यों होता है ?

इस प्रश्न का उत्तर मैक्स प्लाक के विलक्षण सिद्धान्त मे मिलता है। यह सिद्धान्त वैज्ञानिक मैक्स प्लाक ने 1901 मे प्रतिपादित किया। यह सिद्धान्त उस समय मे तरग सिद्ध क्रान्तिकारी परिवर्तन ले आया। पहले ऊर्जा अविरल अथवा संतत (Continuous) मानी जा.. .. और यह कल्पना करना भी असम्भव था कि ऊर्जा भी छोटे-छोटे टुकडों मे ही ली व दी जा सकती है। प्लाक महोदय के अनुसार ऊर्जा न तो अविरत रूप मे ली जाती है और न ही अविरल रूप मे दी जाती है। यह छोटे-छोटे भागों मे बटी रहती है। इन भागों के लिए प्लाक महोदय ने नये शब्द "क्वान्टा" की रचना की क्योंकि ऊर्जा के टुकड़े या भागों की कल्पना करना कठिन है। वैज्ञानिक इनके लिए ऊर्जा के बण्डल शब्द भी व्यवहार मे लाते है। क्वान्टा (बण्डलों) मे ऊर्जा के परिमाण को (गणना के लिए इसे क्वान्टा का आधार भी कह देते हैं यदि मन पूछो तो ऊर्जा के आधार की कल्पना नहीं की जा सकती) प्लाक ने निम्न समीकरण द्वारा दर्शाया :

$$E = E_1 - E_2 = h\nu \qquad \ldots\ldots (10.4)$$

इसमें h प्लांक का स्थिरांक कहलाता है। इसका मान अत्यन्त सूक्ष्म होता है,
h = 1.5836 × 10^{-37} किलो कैलोरी प्रति सेकण्ड, ν निकलने वाले विकिरण की आवृत्ति है।

इस सम्बन्ध से ज्ञात होता है कि क्वान्टा का आकार विकिरण की आवृत्ति के अनुसार छोटा या बड़ा होता है। दूसरे शब्दों में, क्वान्टा में ऊर्जा की मात्रा आवृत्ति के समानुपाती होती है। इसका अनुमान चित्र 10.16 में क्वान्टा के वर्णित आकारों से लगाया जा सकता है।

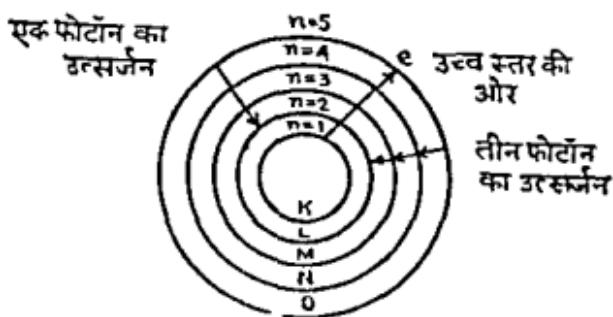
अब हम पुनः तत्त्वों द्वारा निश्चित तरंग दैर्घ्य (अतएव निश्चित आवृत्ति भी) में ही ऊर्जा के उत्सर्जन व अवशोषण के विषय में विचार करते हैं। सोडियम के उत्सर्जन स्पैक्ट्रम को ध्यानपूर्वक देखो। इसमें निश्चित तरंगदैर्घ्य व आवृत्ति को प्रदर्शित करने वाली दो पीली रेखाएं हैं। इस आवृत्ति के लिए तदनुरूप ऊर्जा परिवर्तन प्लांक समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इसी प्रकार अन्य तत्त्वों के लिए भी उनकी विशिष्ट रेखाओं के तदनुरूप ऊर्जा परिवर्तन निश्चित हैं।

10.6 उत्सर्जन के समय तत्वों द्वारा निश्चित ऊर्जा परिवर्तन कैसे किया जाता होगा ?

इसका अनुमान डेनमार्क के एक भौतिक विज्ञानी युवक नील्स बोहर ने लगाया। ये इंगलैण्ड में रदरफोर्ड की प्रयोगशाला में सहायक गणितज्ञ के रूप में कार्य कर रहे थे। 1913 में उन्होंने रदरफोर्ड के परमाणु स्वरूप तथा प्लांक के क्वान्टम सिद्धान्त का समावेश करके परमाणु के ऐसे स्वरूप की कल्पना की जो विज्ञान के इतिहास में पहली बार स्पैक्ट्रम की रचना को भी समझा सकती थी।

भौतिकी के पुराने नियमों से उत्तर नहीं मिलता था कि परमाणु में ऊर्जा के विशिष्ट स्तर क्यों होने चाहिए। अतएव, बोहर ने यह माना कि भौतिकी के ज्ञात नियम परमाणु जैसे सूक्ष्म कण के लिए लागू नहीं होते। अतएव, उन्होंने परमाणु सरचना के लिए एक परम सिद्धान्त का प्रतिपादन किया।

यद्यपि क्वान्टम परिकल्पना की पुष्टि या सादृश्य के लिए भौतिकी में कोई उदाहरण नहीं था फिर भी इसे तुरन्त मान्यता मिल गई, क्योंकि यह स्पैक्ट्रम की रेखाओं के प्रायोगिक अवलोकनों को ठीक समझने में समर्थ था, अपितु इससे उनके विषय में ठीक-ठीक भविष्यवाणी भी करता था।

चित्र 10.17 (अ)—क्वान्टम नम्बर व ऊर्जा के स्तर

बोहर के सिद्धान्त से हाइड्रोजन के स्पैक्ट्रम को तो भली-भांति समझाया जा सकता है किन्तु अन्य तत्त्वों के स्पैक्ट्रमों को समझाने के लिए नये आधार खोजने पड़े है। इनमें डी. ब्रोली नामक फ्रेंच वैज्ञानिक द्वारा प्रतिपादित इलैक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति का समावेश मुख्य है। इनके विषय में तुम अगली कक्षाओं में पढोगे। यहाँ हम बोहर के क्वान्टम सिद्धान्त के अनुसार कुछ तत्त्वों की परमाणु रचना का वर्णन करेंगे।

तत्त्वों के स्पैक्ट्रमों के अध्ययन से उनके परमाणुओं के इलैक्ट्रॉनों की संख्या व ऊर्जा की गणना की जाती है। इस आधार पर छह मुख्य ऊर्जा स्तर ज्ञात किये गये जिन्हें K, L, M, N, O से प्रदर्शित करते हैं। इन मुख्य ऊर्जा स्तरों में उप-स्तर भी होते हैं।

स्पैक्ट्रम में उनकी संगत रेखाओं के sharp, principal, diffuse तथा fundamental कहे जाने के अनुसार उनके प्रतीक s, p, d, व f रखे गए है।

मुख्य स्तरों में इलैक्ट्रॉनों की संख्या बोहर के सिद्धान्त से प्राप्त निम्न सूत्र के अनुसार निर्धारित की गई है :

मुख्य स्तरों में
इलैक्ट्रॉनों की अधिकतम
सम्भव संख्या $=2n^2$ ......(10.4)

यहा n मुख्य क्वान्टम संख्या (Principal Quantum Number) है। n का मान ऊर्जा स्तरों के लिए क्रमश. 1, 2, 3, 4 ... .. होता है।

चित्र 10.17 अ व ब मे क्वान्टम नम्बरो के अनुसार ऊर्जा के स्तर, उप-स्तर व उनमें इलैक्ट्रॉनो की अधिकतम सम्भव संख्याएं प्रदर्शित हैं। ऊर्जा स्तरो में इलैक्ट्रॉनो के संक्रमण के कारण ऊर्जा का उत्सर्जन व अवशोषण कैसे होता है, यह भी इसी चित्र से स्पष्ट किया गया है। सारणी

चित्र 10.17 (ब)—ऊर्जा स्तरों में इलैक्ट्रॉनों के संक्रमण के कारण ऊर्जा का उत्सर्जन व अवशोषण

[illegible] इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था तथा उनके विभिन्न ऊर्जा स्तरों में वितरण को [illegible] किया गया है। इस परमाणु की संरचना ज्ञात करने के लिए हमें न्यूक्लियस में धन आवेश का ज्ञान भी होना चाहिए।

न्यूक्लियस से इलेक्ट्रॉन की दूरी ऊर्जा के बढ़ने के अनुसार बढ़ती जाने की कल्पना आवश्यक है। आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक तरंगों पर आधारित परमाणु सिद्धान्त में ऊर्जा बढ़ते जाने के अनुसार न्यूक्लियस से दूरी का बढ़ते जाना नहीं माना जाता।

परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की संख्या तो स्पैक्ट्रम के अध्ययन से ज्ञात की जा सकती है किन्तु न्यूक्लियस में धन आवेश को कैसे ज्ञात किया जाय ?

यह तो सरलता से समझा जा सकता है कि परमाणु के अपने सम्पूर्ण रूप से उदासीन होने के कारण इसमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या के समान ही धन आवेशों की संख्या उपस्थित होनी चाहिए। धन आवेशों के विषय में धन किरणों के अध्ययन से रदरफोर्ड ने 1911 में ज्ञात किया कि प्रत्येक परमाणु में एक या एक से अधिक धन आवेश युक्त कण उपस्थित रहते हैं। इन कणों का नाम उन्होंने प्रोटॉन (Proton) रखा। प्रोटॉन हाइड्रोजन का धन आवेश युक्त परमाणु ही होता है। यह इलेक्ट्रॉन से 1840 गुना भारी होता है।

10.7 मोजले नाम के अंग्रेज वैज्ञानिक (1913) ने एक्स-किरण के विवर्तन (Diffraction) के प्रयोग के आधार पर परमाणु के न्यूक्लियस में उपस्थित धन आवेश की इकाइयों के विषय में एक अन्य अत्यन्त मनोरंजक सम्बन्ध खोज निकाला कि यदि परमाणुओं को भार के अनुसार आरोही क्रम में लगाते जायें तो किसी भी परमाणु के न्यूक्लियस पर आवेश की इकाइयों की संख्या आश्चर्यजनक रूप से वही होती है जो उसका इस सारणी में नम्बर होता है।

हैनरी जी जे. मोजले
(1887–1915—ब्रिटिश)

मोजले एक प्रतिभाशाली युवा अंग्रेज थे। प्रथम विश्व युद्ध में ब्रिटिश सेना के गैलीपोली में उतरने के समय मोजले काम आए उस समय उनकी आयु 28 वर्ष ही थी। उन्होंने आवर्त सारणी में परमाणु भार के स्थान पर एक दूसरा ही अधिक यथार्थ आधार प्रस्तावित किया। यह कहना कठिन है कि यदि यह प्रतिभाशाली युवक अपनी पूरी आयु तक जीवित रहते तो इनकी क्या उपलब्धियां होतीं।

सारणी 10.1

परमाणु संख्या	परमाणु का नाम	परमाणु का भार	परमाणु के न्यूक्लियस पर मोजले द्वारा एक्स-किरणों के विवर्तन से ज्ञात धन आवेश की इकाई
1.	हाइड्रोजन (H)	1·008	1
2.	हीलियम (He)	4 002	2
3.	लीथियम (Li)	6 93	3
4.	बैरीलियम (Be)	9 01	4
5.	बोरोन (B)	10 8	5
6.	कार्बन (C)	12 01	6
7.	नाइट्रोजन (N)	14·006	7
8.	ऑक्सीजन (O)	16·000	8
9.	फ्लोरीन (F)	19·00	9
10.	नियोन (Ne)	20·183	10
11.	सोडियम (Na)	22·997	11
12.	मैगनीशियम (Mg)	24·32	12
13.	एल्यूमिनियम (Al)	26·97	13
14.	सिलीकान (Si)	28 06	14
15	फास्फोरस (P)	30 98	15
16.	सल्फर (S)	32 066	16
17.	क्लोरीन (Cl)	35·457	17
18.	ऑरगन (A)	39 744	18
19.	पोटैशियम (K)	39·096	19
20.	कैल्शियम (Ca)	40·08	20

उपरोक्त सारणी से स्पष्ट है कि न्यूक्लियस पर धन आवेश की इकाइयों की संख्या परमाणु संख्या के बराबर होती है। यह मोजले नियम कहलाता है। न्यूक्लियस पर धन आवेश की इकाइयों (प्रोटॉनों) की संख्या को परमाणु संख्या (Atomic Number) कहते हैं।

यह ऑक्सीजन के भार को मानक 16·000 मानकर दिये गए हैं। नई मान्यता के अनुसार कार्बन को मानक 12·000 मानकर परमाणु भारों की गणना की जाती है।

यहां पर एक तथ्य समझना और रह जाता है कि प्रोटॉनों की संख्या तथा परमाणु भार में इतना अन्तर क्यों है? भार की दृष्टि से परमाणु का भार मुख्यतः प्रोटॉनों के कारण होना चाहिए। रदरफोर्ड ने इस सम्बन्ध में भी प्रयोगों द्वारा ज्ञात किया कि न्यूक्लियस में प्रोटॉनों की संख्या परमाणु भार की लगभग आधी ही होती है तब परमाणु का भार प्रोटॉनों के अतिरिक्त और किस कारण से है? इसके लिए रदरफोर्ड ने सन् 1920 में एक ऐसे कण की उपस्थिति की सम्भावना व्यक्त की जिसका भार प्रोटॉनों के बराबर होना चाहिए परन्तु वह आवेश रहित होना चाहिए। 1931 में [illegible]

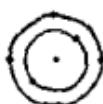
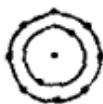
चैडविक ने प्रयोगों द्वारा न्यूक्लियस में ऐसे आवेश रहित कणों की उपस्थिति सिद्ध की तथा इनका नाम न्यूट्रॉन (Neutron) रखा। अब यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि परमाणु का भार प्रोटॉनों के भार तथा न्यूट्रॉनों के योग के बराबर (लगभग) होता है।

उदाहरणार्थ—

	न्यूक्लियस में		न्यूक्लियस में
परमाणु का भार =	प्रोटॉनों की संख्या	+	न्यूट्रॉनों की संख्या
(लगभग) 12 =	6	+	6

अथवा कार्बन का परमाणु भार = प्रोटॉनों का भार + न्यूट्रॉनों का भार

अभी तक 105 तत्त्व ज्ञात हैं। उनमें से परमाणु भार के अनुसार पहले 20 तत्त्वों के

पहला कक्ष	1	2	2	2
दूसरा कक्ष	-	-	2	4
तत्व का नाम	H	He	Li	Be
प्रोटॉन की संख्या	p=1	p=2	p=3	p=4
न्यूट्रॉन की संख्या	n=1	n=2	n=4	n=5
परमाण्विक व्यास (Å)(लगभग)			1 5	1 1

पहला कक्ष	2	2	2	2
दूसरा कक्ष	3	4	5	6
तीसरा कक्ष	-	-	-	-
तत्व का नाम	B	C	N	O
प्रोटॉन की संख्या	p=5	p=6	p=7	p=8
न्यूट्रॉन की संख्या	n=6	n=6	n=7	n=8
परमाण्विक व्यास (Å)(लगभग)	1 0	1 0	1 0	1 4

पहला कक्ष	2	2	2	2
दूसरा कक्ष	7	8	8	8
तीसरा कक्ष	-	-	1	2
तत्व का नाम	F	Ne	Na	Mg
प्रोटॉन की संख्या	p=9	p=10	p=11	p=12
न्यूट्रॉन की संख्या	n=10	n=10	n=12	n=12
परमाण्विक व्यास (Å)(लगभग)	1 36		1 9	1 6

पहला कक्ष	2	2	2	2
दूसरा कक्ष	8	8	8	8
तीसरा कक्ष	3	4	5	6
तत्व का नाम	Al	Si	P	S
प्रोटॉन की संख्या	p=13	p=14	p=15	p=16
न्यूट्रॉन की संख्या	n=14	n=14	n=16	n=16
परमाण्विक व्यास (Å) (लगभग)	1 4	1·3	1·28	1·28

पहला कक्ष	2	2	2	2
दूसरा कक्ष	8	8	8	8
तीसरा कक्ष	7	8	8	8
चौथा कक्ष			1	2
तत्व का नाम	Cl	Ar	K	Ca
प्रोटॉन की संख्या	p=17	p=18	p=19	p=20
न्यूट्रॉन की संख्या	n=18,20	n=22	n=21	n=20
परमाण्विक व्यास (Å)	1 81		2·35	1·97

चित्र 10.18 (अ)-(ब)—20 तत्वो के परमाणु विन्यास

परमाणुओं का विन्यास चित्र 10.18 अ व व में दर्शाया गया है। सारणी 10.1 को ध्यान पूर्वक देखने से तुम्हे एक अन्य प्रश्न सूझ सकता है कि न्यूक्लियस मे प्रोट्रॉन व न्यूट्रॉन ही होते हैं। इनके भार पूर्ण इकाइयो मे होते है तव परमाणु भारो मे दशमलव भाग कहाँ से आ जाता है ? क्लोरीन का परमाणु भार तो लगभग पूर्ण इकाई के निकट भी नहीं है (Cl = 35·457)। 1913 मे अमरीकी वैज्ञानिक रिचर्ड ने विभिन्न स्रोतो से प्राप्त लैड के परमाणु भारों मे भिन्नता पाई। इसी वर्ष आस्टन ने भी नियोन के दो नमूने परमाणु भारों में भिन्न पाये। इन तथ्यों से डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त मे मामूली परिवर्तन करना आवश्यक हो गया। इगलैण्ड के वैज्ञानिक सोडी ने एक ही तत्व के भिन्न-भिन्न परमाणुओं का नाम जिनके रासायनिक गुण समान हों किन्तु परमाणु संख्या भिन्न हों, आइसोटोप रखा।

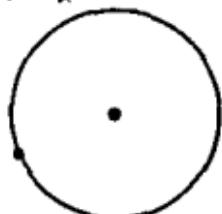
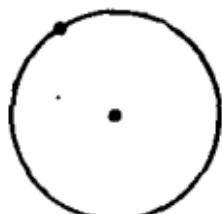
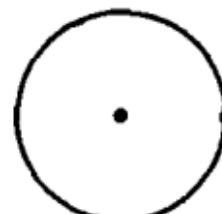
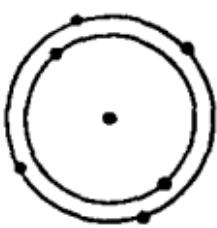
न्यूक्लियस मे उपस्थित न्यूट्रॉनों की संख्या मे अन्तर के कारण हमे आइसोटोप प्राप्त होते हैं। चित्र 10.19 (अ) व (ब) मे हाइड्रोजन, कार्बन, ऑक्सीजन व क्लोरीन के आइसोटोप व इनके सूत्र लिखने की विधि दर्शाई गई है।

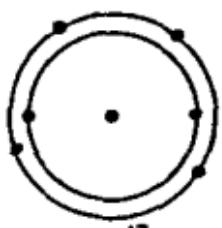
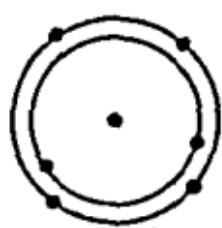
प्रकृति मे पाई जाने वाली ऑक्सीजन, कार्बन, क्लोरीन, हाइड्रोजन, आदि के इन आइसोटोपों की मात्रा मे निश्चित अनुपात रहता है (चित्र 10.20)। अवलोकित परमाणु भार इनके इस निश्चित गठन का औसत होता है।

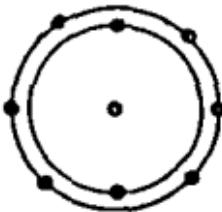
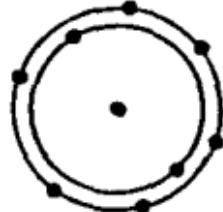
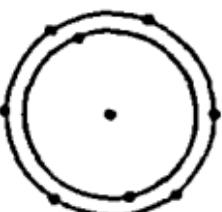
आइसोटोप

हाइड्रोजन

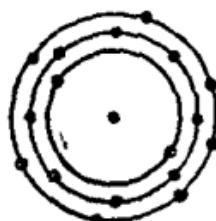
H_1^1
प्रोटॉन = 1
न्यूट्रॉन = 0

H_1^2
प्रोटॉन = 1
न्यूट्रॉन = 1

H_1^3
प्रोटॉन = 1
न्यूट्रॉन = 2

कार्बन

C_6^{12}
प्रोटॉन = 6
न्यूट्रॉन = 6

C_6^{13}
प्रोटॉन = 6
न्यूट्रॉन = 7

C_6^{14}
प्रोटॉन = 6
न्यूट्रॉन = 8

ऑक्सीजन

O_8^{16}
प्रोटॉन = 8
न्यूट्रॉन = 8

O_8^{17}
प्रोटॉन = 8
न्यूट्रॉन = 9

O_8^{18}
प्रोटॉन = 8
न्यूट्रॉन = 10

चित्र 10.19 (ब)

चित्र 10.19 (ब)

कार्बन के आइसोटोपों $_6C^{14}$ तथा $_6C^{12}$ का अनुपात जीव पदार्थों में निश्चित होता है तथा उनके मर जाने पर उनके अवशेषों में यह अनुपात समय के साथ बदलता रहता है। इस अनुपात की गणना से प्राचीन काल के अवशेषों की आयु ज्ञात की जाती हैं।

आइसोटोप रेडियोधर्मी भी होते हैं तथा इनको प्रयुक्त करके पौधों, जीवों तथा धातु सभी में होने वाली प्रतिक्रियाओं का अध्ययन किया जा सकता है।

हाइड्रोजन के आइसोटोप ड्यूटीरियम $_1D^2$ के यौगिक का उपयोग भारी जल के रूप में आण्विक भट्टी में किया जाता है क्योंकि भारी जल में न्यूट्रॉन ग्रहण करने की अद्भुत क्षमता होती है।

पुनरावलोकन

उच्च विभव व सूक्ष्म दाब पर गैसों में विद्युत विसर्जन करने पर कैथोड व कैनाल किरणें प्राप्त होती हैं। जे. जे. टॉमसन ने इनके विशेष अध्ययन से ज्ञात किया कि कोई भी गैस क्यों न लें, प्राप्त कैथोड किरणों की प्रकृति वही रहती है। यह ऋण आवेशित कणों से बनी होती है जिन्हें इलेक्ट्रॉन कहते हैं। इलेक्ट्रॉन पर एक ऋण इकाई विद्युत आवेश होता है तथा इसका भार हाइड्रोजन के एक परमाणु का 1/1840 वां भाग होता है। कैनाल किरणें धन आवेशित कणों से बनी होती हैं। विभिन्न गैसों में विद्युत विसर्जन से प्राप्त धन कणों का e/m भिन्न होता है। हाइड्रोजन के परमाणु के भार के लगभग बराबर तथा एक इकाई धन आवेश वाले कणों को प्रोटॉन कहते हैं।

रेडियो-एक्टिव तत्त्वों की खोज मैडम क्यूरी व पीयर क्यूरी द्वारा की गई। रेडियो-एक्टिव पदार्थों से α, β व γ किरणें प्राप्त होती हैं। α-किरणें धन आवेशित हीलियम के कणों

मे वनी होनी है। β-किरणो मे इलैक्ट्रॉन ही होते है। γ-किरणो पर कोई आवेश नही होता। यह X-किरणो से भी अधिक तीव्रता युक्त होती है।

इन परिणामो के आधार पर 1910 मे टॉमसन ने परमाणु को इलैक्ट्रॉनो व प्रोटॉनो से संरचित माना जिसमे धन आवेश की पृष्ठभूमि मे स्थान-स्थान पर इलैक्ट्रॉन लगे हो। यह टॉमसन का 'प्लम-पुडिंग' मॉडल कहलाता है। इस प्रकार इस परमाणु सरचना से यह तो स्पष्ट हो जाता है कि कम दाब व उच्च विभव पर परमाणुओ से इलैक्ट्रॉन छूट कर अलग हो जाते हैं। फलस्वरूप ऋण व धन आवेशित कणो के द्वारा विद्युत परिचालन होने लगता है। किंतु यह स्पष्ट नही हुआ कि धन व ऋण आवेश किस प्रकार बिना एक दूसरे को निरावेशित किये परमाणु मे स्वतंत्रतापूर्वक रह पाते हैं।

1911 मे रदरफोर्ड ने α-किरणो के सोने के पतले पत्रो मे से गमन का अध्ययन करने पर परिणाम निकाला कि परमाणु का सारा भार व धन आवेश अत्यन्त सूक्ष्म व घने न्यूक्लियस के रूप मे रहता है तथा इलैक्ट्रॉन इसके चारो ओर तीव्र गति से घूमते रहते हैं।

रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित खोखले परमाणु को मानने मे दो कठिनाइया उपस्थित हुई। एक तो यह कि धन आवेश के चारो ओर इलैक्ट्रॉन के घूमने से विद्युत चुम्बकीय तरगें उत्पन्न होनी चाहिए व इलैक्ट्रॉन धीरे-धीरे ऊर्जा खोकर न्यूक्लियस मे आ जाना चाहिए अर्थात् परमाणु अस्थाई होना चाहिए। दूसरे, इस प्रकार उर्जा खोने से सतत स्पैक्ट्रम होने चाहिए जबकि प्राप्त स्पैक्ट्रम रेखीय होते हैं।

नील्स बोहर नामक वैज्ञानिक ने 1913 मे जर्मन वैज्ञानिक प्लाक के ऊर्जा के क्वान्टम सिद्धात के आधार पर परमाणु सरचना प्रस्तावित की। उन्होने अवशोषण व उत्सर्जन स्पैक्ट्रमो से प्राप्त तरग दैर्घ्यों को ध्यान मे रखकर परमाणु मे विभिन्न ऊर्जा स्तरो की गणनाए की जिन्हें K, L, M, N, व O स्तर कहा जाता है। इलैक्ट्रानो के इन विभिन्न ऊर्जा स्तरो मे आने-जाने के आधार पर हाइड्रोजन के स्पैक्ट्रमो को समझने मे सफलता मिली किन्तु अन्य परमाणुओं के स्पैक्ट्रमो को समझने के लिए डी. ब्राग्ली द्वारा प्रतिपादित इलैक्ट्रॉनो की तरग प्रकृति का समावेश आवश्यक है।

परमाणुओं के न्यूक्लियस धन आवेश की इकाइया की गणना करने व इससे तत्त्वो को परमाणु भार के क्रम मे रखने पर प्राप्त परमाणु सख्या का सम्बन्ध स्थापित करने का श्रेय मोजले नामक अग्रेज वैज्ञानिक को है।

इसमे प्रोटॉन व इलैक्ट्रॉनो के अतिरिक्त न्यूक्लियस मे उदासीन कणों न्यूट्रॉनो की उपस्थिति का रदरफोर्ड का अनुमान भी पुष्ट हुआ तथा चैडविक ने 1932 मे इन्हें खोज निकाला।

किसी तत्त्व के न्यूक्लियस मे प्रोटॉनो की निश्चित सख्या रहती है। इनके साथ उपस्थित न्यूट्रॉनो की सख्या मे विभिन्नता होने के कारण आइसोटोप प्राप्त होते हैं। जैसे हाइड्रोजन के दो आइसोटोप ड्यूटीरियम व ट्रिटियम हैं। इन्हें इस प्रकार प्रदर्शित किया जाता है H^1, H^2 व H^3। कार्बन के दो आइसोटोपों C^{12} तथा C^{14} का अनुपात जीव पदार्थों मे निश्चित होता है जो उनके मर जाने पर समय के साथ बदलता जाता है। इस अनुपात की गणना से अवशेषो की आयु ज्ञात की जाती है। रेडियोधर्मी आइसोटोपो का प्रयोग पौधो, जीवों व धातु कर्म आदि मे होने वाली प्रक्रियाओं के अध्ययन के लिए किया जाता है।

अध्ययन प्रश्न

1. टॉमसन द्वारा प्रस्तावित परमाणु रचना मे क्या कमिया थीं ?
2. किन तथ्यों के आधार पर रदरफोर्ड ने 'खोखले' परमाणु की प्रस्तावना की ?

3. रदरफोर्ड के γ-कणों वाले प्रयोग का वर्णन करो। उन्हें किस प्रकार के परिणाम अपेक्षित थे ? उन्हें प्राप्त परिणामों को देख कर इतना आश्चर्य क्यो हुआ ? उन्होंने इससे किस प्रकार परमाणु की टॉमसन परिकल्पना को परिवर्तित किया ?
4. रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित परमाणु संरचना को नीलस बोहर द्वारा किस प्रकार परिष्कृत किया गया ? इनकी क्या मान्यताएं थी ?
5. डी. ब्रोग्ली द्वारा इलैक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति के अनुमान को परमाणु संरचना के समझने के लिए समावेशित करना क्यों आवश्यक है ?
6. परमाणु संख्या का क्या महत्व है ? मोजले ने क्या प्रयोग किये ?
7. न्यूट्रॉन की न्यूक्लियस में उपस्थिति की संभावना क्यो अपेक्षित की गई थी ? इनकी उपस्थिति से आइसोटोप की रचना कैसे समझायी जा सकती है ?
8. बहुधा परमाणुओ के परमाणु भार पूर्ण इकाई क्यों नहीं होते ? कुछ परमाणुओ के रासायनिक गुण समान होते हुए भी उनके परमाणु भार में अन्तर क्यो होता है ? ऐसे परमाणुओं को क्या कहते हैं ? इनका क्या उपयोग है ?

अभ्यास प्रश्न

1. किसी तत्व के आइसोटोप मे भिन्नता होती है :
   (अ) उसके इलैक्ट्रॉन विन्यास मे ।
   (ब) उसके आयन में इलैक्ट्रॉन संख्या में ।
   (स) उसकी द्रव्यमान संख्या मे ।
   (द) उसके नाभिक में न्यूट्रॉन की सख्या में ।
   (इ) उसके नाभिक पर धन-आवेश में । ( )
2. निम्न इलैक्ट्रान विन्यास मे से अधातु के लिए अत्यधिक विशेष है :
   (अ) 2, 8, 1.
   (ब) 2, 8, 2.
   (स) 2, 8, 4.
   (द) 2, 8, 6.
   (इ) 2, 8, 7. ( )
3. (1) हीलियम (2) कार्बन व (3) ऑक्सीजन का इलैक्ट्रॉन विन्यास होता है :
   (अ) (1) 2, (2) 2, 8, 4 (3) 2, 6
   (ब) (1) 2, 8 (2) 2, 4 (3) 2, 8, 6.
   (स) (1) 2, (2) 2, 8, 6 (3) 2, 6.
   (द) (1) 2, (2) 2, 6 (3) 2, 4.
   (इ) (1) 2, (2) 2, 4 (3) 2, 6 ( )
4. सोडियम आयन Na^{+} व नीओन परमाणु Ne का इलैक्ट्रॉन विन्यास समान है (2, 8) परन्तु रासायनिक दृष्टि से दोनों में अन्तर है क्योंकि
   (अ) इनमे न्यूट्रॉन की संख्या भिन्न होती है ।
   (ब) इनमे प्रोटॉन की सख्या भिन्न होती है ।

(स) इनमे इलेक्ट्रॉन की सख्या भिन्न होती है।

(द) इनके इलेक्ट्रॉन भिन्न-भिन्न कक्षों में रहते हैं।

(इ) इनके परमाणु भार भिन्न हैं। ( )

5. परमाणु रचना के तीन मूल कणों के नाम व वैद्युत आवेश हैं :

(अ) इलेक्ट्रॉन, −1; प्रोटॉन, +1, न्यूट्रॉन, +1.

(ब) इलेक्ट्रॉन, −1; प्रोटॉन, 0. न्यूट्रॉन, 0.

(स) इलेक्ट्रॉन, +1; प्रोटॉन, +1, न्यूट्रॉन, 0.

(द) इलेक्ट्रॉन, −1, प्रोटॉन, +1, न्यूट्रॉन, 0.

(इ) ऊपर के चारो मे से कोई भी नही। ( )

6. एक परमाणु के नाभिक से एक न्यूट्रॉन निकलना

(अ) उस तत्त्व की परमाणु सख्या 1 बढ़ा देता है।

(ब) परमाणु की द्रव्यमान सख्या 1 घटा देता है।

(ग) नाभिक पर धन आवेश बढ़ा देता है।

(द) एल्फा और बीटा कण निकलते हैं।

(इ) होता ही नही। ( )

7. ड्यूटीरियम (भारी हाइड्रोजन) का परमाणु साधारण हाइड्रोजन (प्रोटियम) के परमाणु से भिन्न होता है क्योंकि उसके

(अ) नाभिक मे एक प्रोटॉन होता है।

(ब) नाभिक मे एक न्यूट्रॉन होता है।

(ग) नाभिक के चारों ओर दो इलेक्ट्रॉन होते हैं।

(द) साथ हाइड्रोजन के अन्य आइसोटोप भी होते हैं।

(इ) बनने मे प्रोटियम के दो नाभिक काम मे आते हैं। ( )

8. Fe^{2+} से Fe^{3+} परिवर्तन होने पर रचना मे परिवर्तन होता है

(अ) आयरन की परमाणु सख्या 1 बढ़ जाती है।

(ब) नाभिक मे एक अतिरिक्त न्यूट्रॉन आ जाता है।

(ग) आयरन के नाभिक से एक इलेक्ट्रॉन निकल जाता है।

(द) आयरन से एक इलेक्ट्रॉन निकल जाता है।

(इ) द्रव्यमान संख्या मे 1 का परिवर्तन हो जाता है। ( )

9. एक धातु के लिए कौन विशेष इलेक्ट्रॉनिक विन्यास है

(अ) 2, 8, 8, 2 (ब) 2, 3

(ग) 2, 8, 4. (द) 2, 5, 7

(इ) 1. ( )

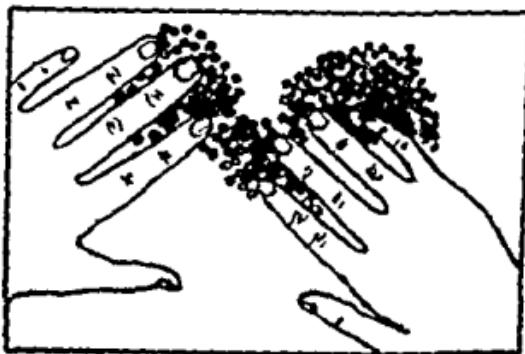
[उत्तर 1 (स), 2 (इ), 3 (इ) 4. (ब), 5. (द) 6. (ब), 7 (ब) 8 (द), 9. (अ)]

परिशिष्ट

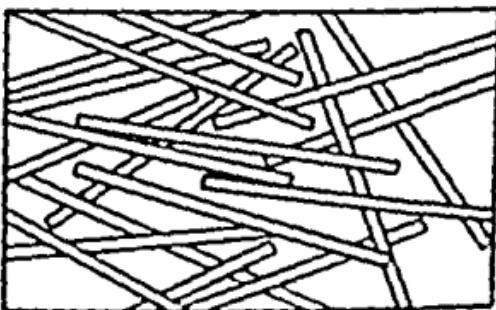
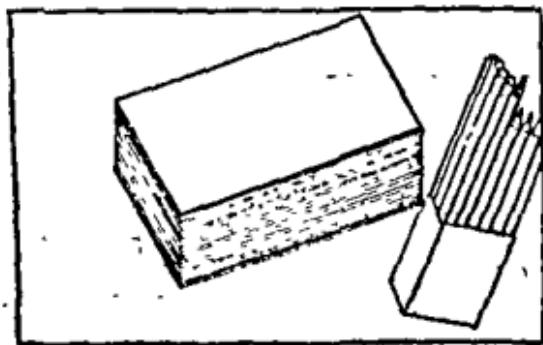
एवोगैड्रो सख्या व अणुभार, तुल्यांकी भार, परमाणु भार, मोल इकाई, व परमाणु सरचना पर एक विहंगम दृष्टि ।

(i) मोल इकाइयां

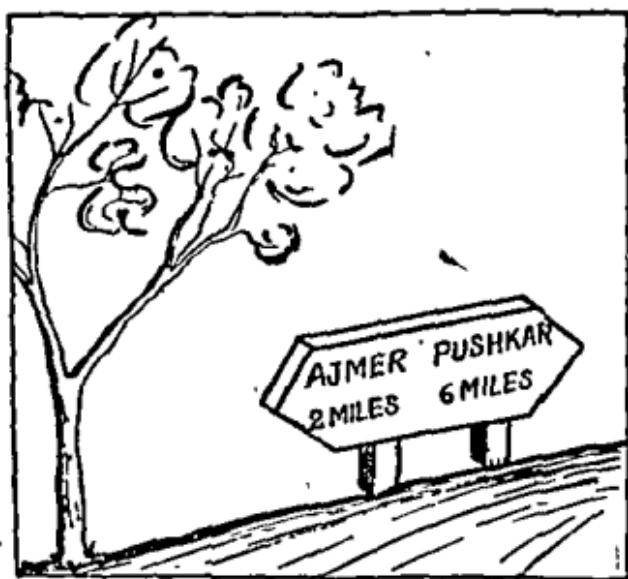
तुम देख सकते हो कि रसायनवेत्ता को अपने कार्य मे हमेशा परमाणुओ की बहुत ही अधिक संख्या से काम पड़ता है। लेकिन यह जानना भी आवश्यक है कि उनको कितने परमाणुओं से काम पड़ रहा है। इनको गिनने का आसान तरीका तोलना है।

यदि तुमको एक सरकंडे की गोली की मात्रा मालूम हो तो एक हजार सरकण्डे की गोलियो का गिनने की अपेक्षा तोल कर ज्ञात करना अधिक सरल रहेगा। (चित्र प. 1)

चित्र प. 1. गोली गिनने की अपेक्षा तोलना सरल है।

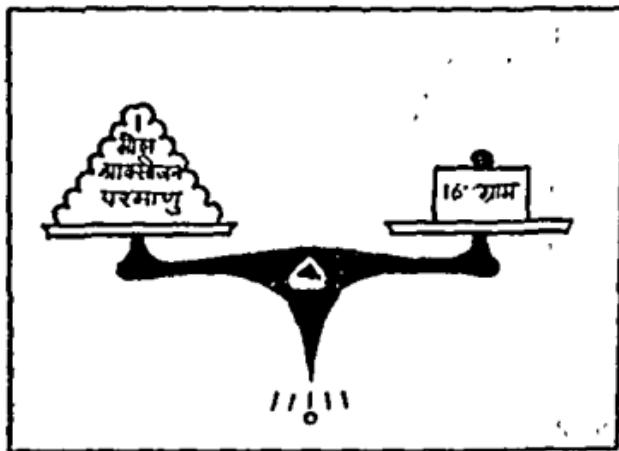
तुम एक हजार छोटी वस्तुओं तक आसानी से तोल सकते हो। इस प्रकार से एक रसायनज्ञ परमाणुओं को सख्या ज्ञात कर सकता है।

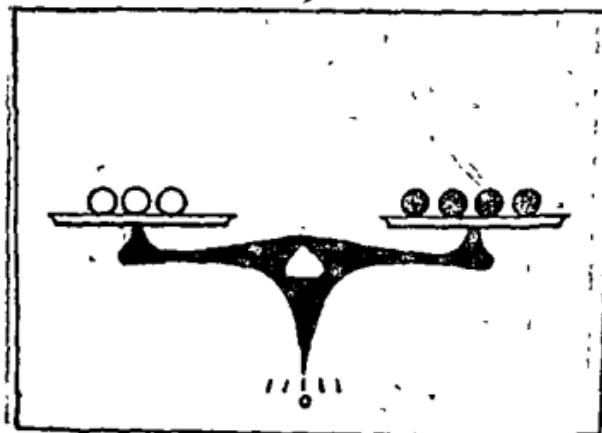
चित्र प. 2 24 पेंसिल के स्थानों पर दो दर्जन पेंसिल रखे हैं।

जब हमें बहुत अधिक संख्या में छोटी-छोटी वस्तुओं का मापन करना होता है, तब हम बहुधा इनके गिनने में इकाइयों का प्रयोग करते हैं। (चित्र प. 2 व 3)

चित्र प. 3 500 शीट कागज के स्थान पर एक रीम कागज कहना सरल है।

हम बजाय 24 पेंसिल कहने के दो दर्जन पेंसिल कहते हैं। हम बजाय 500 शीट (Sheets) कहने के एक रीम (Ream) कागज कहते हैं।

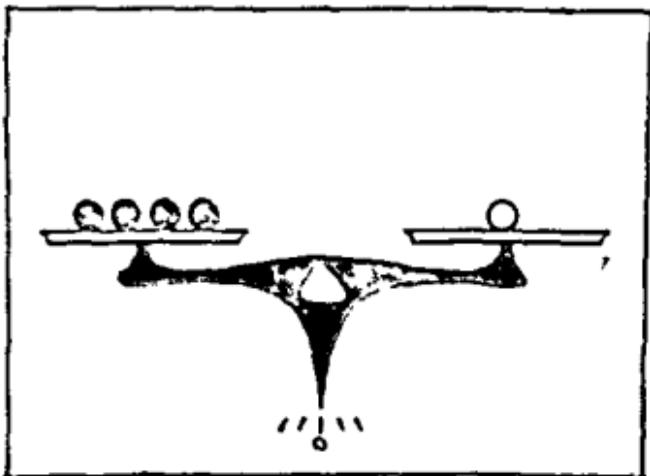
हम बजाय 10,560 फीट कहने के 2 मील कहते हैं। (चित्र प 4)

चित्र प. 4 10,560 फीट के स्थान पर 2 मील कहते हैं।

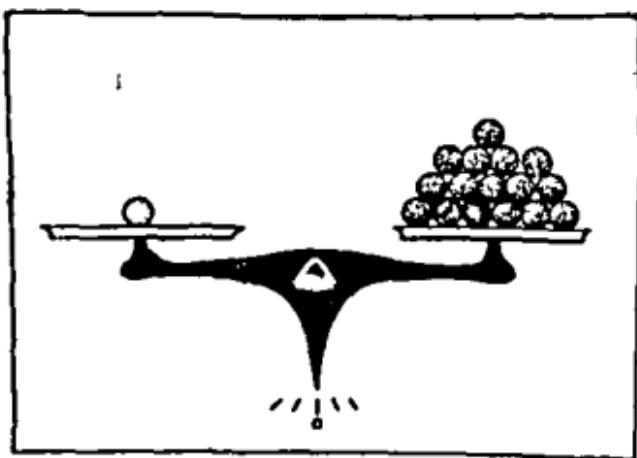
रसायनज्ञों ने कुछ इकाइयां मान ली है जिनके द्वारा वे बहुसंख्यक अणु व परमाणुओं का

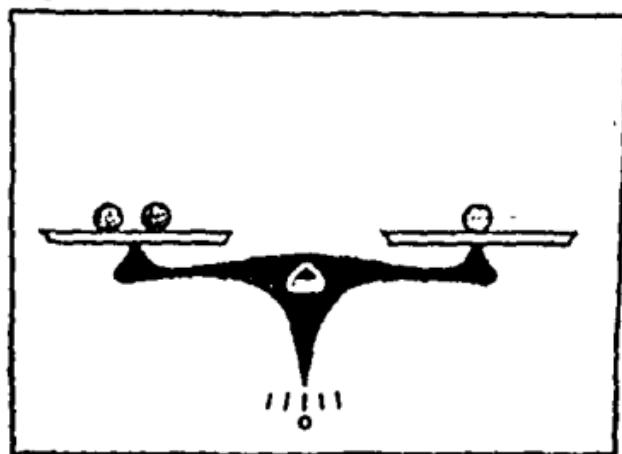
मापन करते हैं, इस इकाई को "मोल" कहते हैं। कुछ क्षणों के लिए हम इस पर ध्यान नहीं देंगे कि एक मोल (mole) में कितने परमाणु होते हैं लेकिन एक मोल (mole) में परमाणुओं की संख्या को इस प्रकार से चुना कि ऑक्सीजन के परमाणुओं के एक मोल का भार ठीक 16·00 ग्राम हो। (चित्र प. 5)

चित्र प. 5. ऑक्सीजन के एक मोल परमाणु का भार 16 ग्राम है।

कार्बन के परमाणु ऑक्सीजन के परमाणुओं से लगभग $^3/_4$ गुना भारी होते हैं। इसलिए कार्बन के परमाणुओं के एक मोल का भार लगभग $^3/_4 \times ^{16}/_1$ या 12 ग्राम है। (चित्र प. 6)

चित्र प. 6. कार्बन के एक मोल परमाणु ऑक्सीजन से $^3/_4$ गुना भारी हैं।

हीलियम के परमाणु आक्सीजन के परमाणुओं से $^1/_4$ गुना भारी होते हैं। इसलिए हीलियम

के परमाणुओं के एक मोल का भार $^1/_4 \times ^{16}/_1 = 4.00$ ग्राम है (चित्र प. 7)।

चित्र प. 7—हीलियम के एक मोल परमाणु ऑक्सीजन से ¼ गुना भारी हैं।

हाइड्रोजन के परमाणु ऑक्सीजन के परमाणुओं से लगभग $^1/_{16}$ गुना भारी होते हैं। इसलिए हाइड्रोजन के परमाणुओं के एक मोल का भार लगभग $^1/_{16} \times ^{16}/_1$ या 1.00 ग्राम है।

चित्र प. 8. हाइड्रोजन के परमाणु ऑक्सीजन से $^1/_{16}$ गुना भारी हैं।

गंधक के परमाणु ऑक्सीजन के परमाणुओं से लगभग दुगने भारी हैं । इसलिए गंधक के परमाणुओं के एक मोल का भार लगभग 2 × 16 या 32 ग्राम है । (चित्र प. 9)

चित्र प. 9 गंधक के परमाणु ऑक्सीजन से दो गुना भारी हैं ।

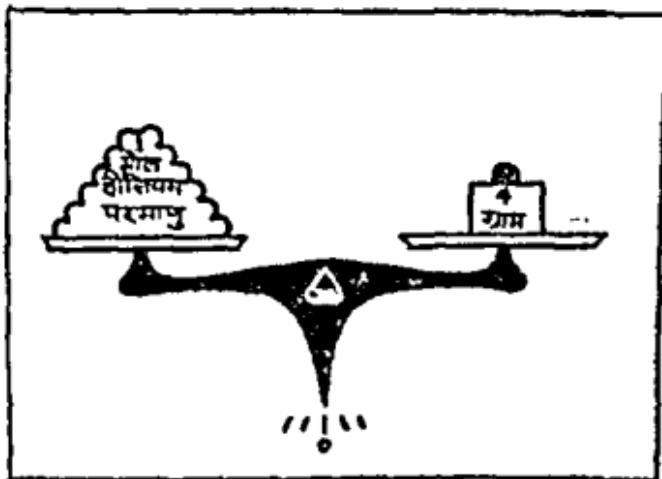
अतः किसी परमाणु के एक मोल का भार ग्राम में उसी परमाणु के परमाणु भार के बराबर होता है ।

परमाणु	परमाणु भार इकाई	ग्राम परमाणु भार
ऑक्सीजन	16·00	16·00
कार्बन	12·011	12 011
हीलियम	4·003	4·003
हाइड्रोजन	1·008	1·008
गंधक	32·066	32·066

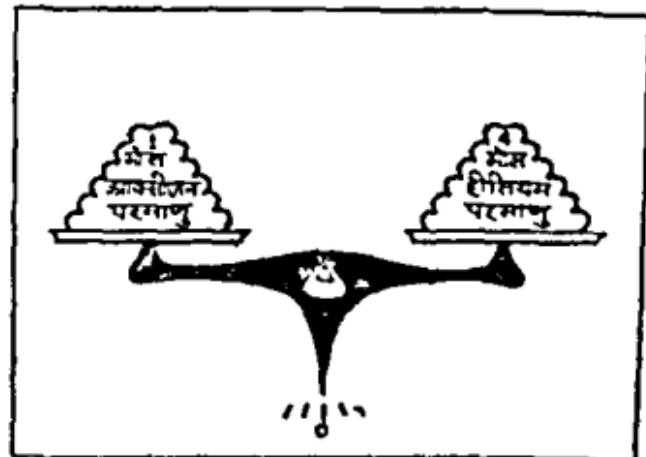
यह इसलिए होता है कि हम मोल में परमाणुओं की संख्या को मानते हैं । इसलिए ऑक्सीजन के परमाणु के एक मोल का सही भार 16 ग्राम होता है । आक्सीजन का परमाणु भार 16 होता है, इसलिए ऑक्सीजन अन्य परमाणुओं के लिए मानक भार (reference weight) समझा जाता है ।*

* अधिक शुद्ध गणनाओं के लिए वैज्ञानिकों ने आजकल कार्बन के स्थान पर परमाणु के भार को 12 प. भा. इकाई माना है ।

हीलियम का एक परमाणु ऑक्सीजन के परमाणु का लगभग $^{1}/_{4}$ भाग है। इसलिए हीलियम का परमाणु भार लगभग $^{1}/_{4} \times ^{16}/_{1}$ या 4 परमाणु भार इकाई हुआ (चित्र प. 7)।

अतः एक मोल हीलिमम परमाणुओ का भार लगभग आक्सीजन के एक मोल परमाणुओ के भार का $^{1}/_{4}$ होता है (चित्र प. 10)।

चित्र प. 10 एक मोल होलियम ऑक्सीजन के एक मोल का $\frac{1}{4}$ भाग होता है।

और एक मोल ऑक्सीजन के परमाणुओ का भार 16 ग्राम होता है। अर्थात् ऑक्सीजन के $\frac{1}{4}$ परमाणु भार के बराबर होता है।

इसलिए एक मोल हीलियम परमाणुओं का भार लगभग $^{1}/_{4} \times ^{16}/_{1}$ या 4 ग्राम हुआ जो कि हीलियम के परमाणु भार के बराबर ही है। (चित्र प 11)

चित्र प. 11. एक मोल हीलियम का भार 4 ग्राम होता है।

मीथेन के चार अणुओ मे कार्बन के चार परमाणु तथा हाइड्रोजन के सोलह परमाणु होते हैं (चित्र प. 14)।

चित्र प 14 मीथेन के 4 अणुओं में 4 परमाणु कार्बन के व 16 परमाणु हाइड्रोजन के होते हैं।

मीथेन के एक मोल मे कार्बन के परमाणु का एक मोल तथा हाइड्रोजन के परमाणु के चार मोल होते हैं (चित्र प. 15)।

चित्र प. 15. मीथेन के एक मोल में कार्बन के एक मोल परमाणु व हाइड्रोजन के 4 मोल परमाणु होते हैं।

कार्बन डाइऑक्साइड के एक मोल का ग्राम में भार क्या होगा—

जबकि $C = 12$ परमाणु भार इकाई

$O = 16$ परमाणु भार इकाई

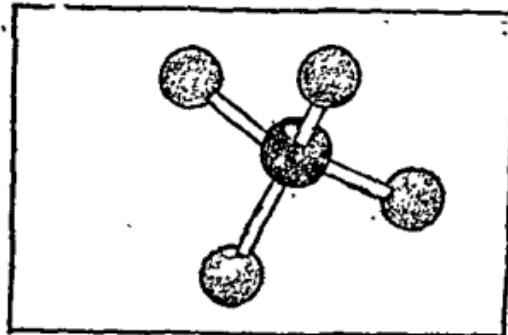
कार्बन डाइऑक्साइड के एक अणु मे कार्बन का एक परमाणु (परमाणु भार लगभग 12) तथा ऑक्सीजन के दो परमाणु होते हैं (परमाणु भार 16) तो उसका अणु भार होगा—

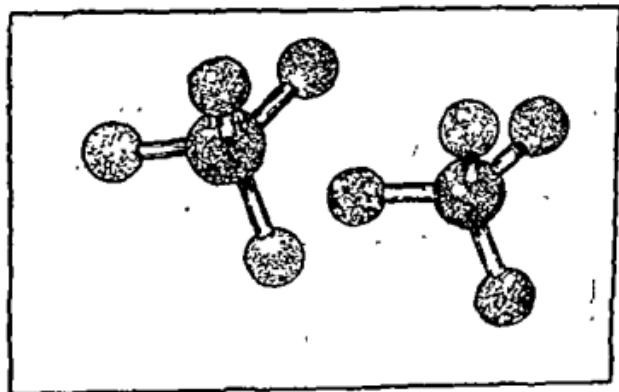
आओ दुहरा लें कि—

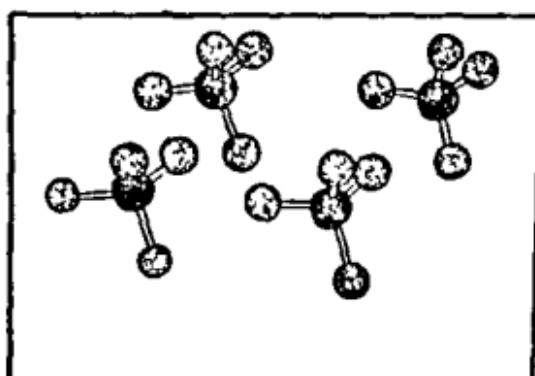
किसी भी तत्त्व के एक मोल परमाणुओं का भार ग्रामों में लिखते हैं, जो कि संख्या में उस तत्त्व के परमाणु भार के बराबर होता है। एक मोल मे उपस्थित परमाणुओ की संख्या प्रत्येक तत्त्व के परमाणुओं के लिए समान होती है जिसे सही-सही मापा जा सकता है। यह $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ के बराबर होती है। इसी संख्या को $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ 'एवोगेड्रो संख्या' कहते हैं।

अणुओ को भी मोल मे नापा जाता है। मीथेन का अणुभार परमाणु भार इकाई है तथा एक मोल मीथेन का भार 16 ग्राम होगा।

देखें—मीथेन के एक मोल में हाइड्रोजन तथा कार्बन के परमाणुओं के कितने मोल हैं।

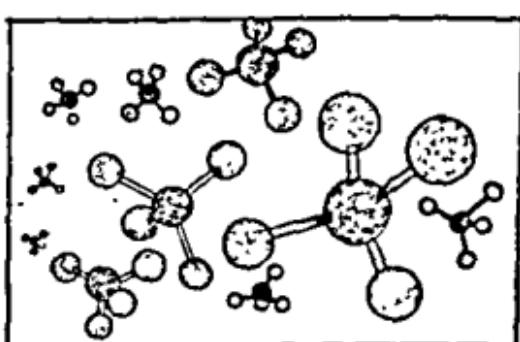
मीथेन के एक अणु में कार्बन का एक परमाणु तथा हाइड्रोजन के चार परमाणु होते हैं (चित्र प. 12)।

चित्र प. 12. मीथेन के एक अणु में 1 कार्बन, व 4 हाइड्रोजन के परमाणु होते हैं।

मीथेन के दो अणुओ मे कार्बन के दो परमाणु तथा हाइड्रोजन के आठ परमाणु होते है (चित्र प. 13)।

चित्र प. 13. मीथेन के दो अणुओं में कार्बन के 2 परमाणु व हाइड्रोजन के 8 परमाणु होते हैं।

मीथेन के चार अणुओ मे कार्बन के चार परमाणु तथा हाइड्रोजन के सोलह परमाणु होते हैं (चित्र प. 14) ।

चित्र प. 14 मीथेन के 4 अणुओं में 4 परमाणु कार्बन के व 16 परमाणु हाइड्रोजन के होते हैं।

मीथेन के एक मोल मे कार्बन के परमाणु का एक मोल तथा हाइड्रोजन के परमाणु के चार मोल होते हैं (चित्र प. 15) ।

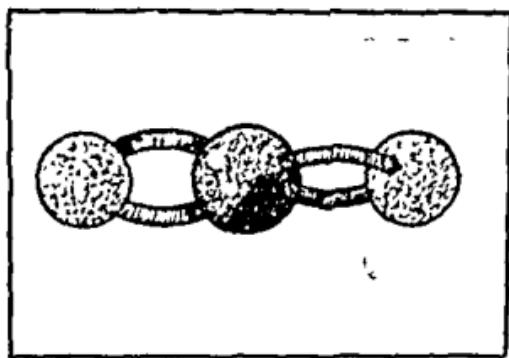
चित्र प. 15. मीथेन के एक मोल मे कार्बन के एक मोल परमाणु व हाइड्रोजन के 4 मोल परमाणु होते हैं।

कार्बन डाइऑक्साइड के एक मोल का ग्राम मे भार क्या होगा—

जबकि C = 12 परमाणु भार इकाई

O = 16 परमाणु भार इकाई

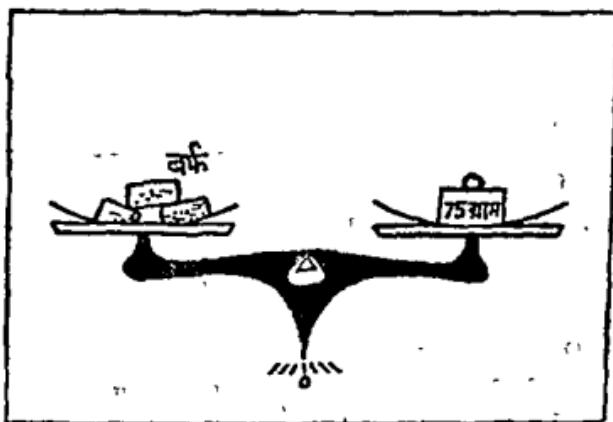
कार्बन डाइऑक्साइड के एक अणु मे कार्बन का एक परमाणु (परमाणु भार लगभग 12) तथा ऑक्सीजन मे दो परमाणु होते है (परमाणु भार 16) तो उसका अणु भार होगा—

12 + 32 अथवा 12 + 16 + 16 = 44

अतः कार्बन डाइऑक्साइड के एक मोल का भार 44 ग्राम होगा (चित्र प. 16)।

चित्र प. 16. इसी प्रकार कार्बन डाइऑक्साइड
के एक मोल का भार 44 ग्राम होगा।

कार्बन डाइऑक्साइड के एक मोल के अन्दर कार्बन परमाणु के कितने मोल तथा ऑक्सीजन परमाणु के कितने मोल होते हैं ?

कार्बन डाइऑक्साइड के प्रत्येक अणु में एक कार्बन परमाणु तथा दो ऑक्सीजन परमाणु होते हैं। अत. कार्बन डाइऑक्साइड के प्रत्येक मोल में कार्बन परमाणु का एक-मोल और ऑक्सीजन परमाणु के दो मोल होंगे।

यहां 75 ग्राम बर्फ है, इसमें पानी के कितने मोल होंगे, जबकि H=1 इकाई परमाणु भार है ?

चित्र प. 17 75 ग्राम बर्फ में मोल की संख्या।

अब अपने उत्तर की जाच करो

पानी का अणुभार 1 0+1·0+16·0=18·0 इकाई परमाणु भार है। इसलिए पानी के एक मोल का भार 18 ग्राम हुआ और 75 ग्राम पानी मे 75/18=4·2 मोल हुए।

पानी के अणुभार का कितना प्रतिशत हाइड्रोजन परमाणुओ के कारण है और कितना प्रतिशत ऑक्सीजन परमाणुओं के कारण है ?

अब अपने उत्तर की जांच करो :

इस प्रकार हाइड्रोजन परमाणु जल के 2/18 अणुभार की गणना करते है। अतएव, जल H_2O मे हाइड्रोजन की प्रतिशत $2/18 \times 100 = 11{\cdot}1$ हुई। 75 ग्राम पानी मे कितने ग्राम हाइड्रोजन तथा कितने ग्राम ऑक्सीजन होगी ?

अपने उत्तर की जाच करो :

जल H_2O मे हाइड्रोजन होती है 11·1%

75 ग्राम जल मे हाइड्रोजन होगी $\frac{11{\cdot}1 \times 75}{100} = 8{\cdot}3$ ग्राम

जल मे ऑक्सीजन होती है 88·9%

75 ग्राम जल मे ऑक्सीजन होगी $\frac{88{\cdot}9 \times 75}{100} = 66\ 7$ ग्राम

यह याद रखो—

(1) रसायनवेत्ता का काम परमाणुओ और अणुओ से पडता है।

(2) इन्हें गिनने का सबसे सरल उपाय तोलना है।

(3) परमाणुओ तथा अणुओ को गिनने के लिए काम मे ली जाने वाली इकाई "मोल" कहलाती है। ठीक उसी प्रकार जैसे कागज को गिनने के लिए "रीम" या पैंसिलो को गिनने के लिए "दर्जन"।

(4) एक मोल मे अणुओं या परमाणुओ की सख्या इस प्रकार चुनी गई है कि ऑक्सीजन के एक "मोल" परमाणुओं का भार पूरा-पूरा 16 ग्राम होता है। यह सख्या एवोगैड्रो सख्या कहलाती है। यह है $6{\cdot}02 \times 10^{23}$।

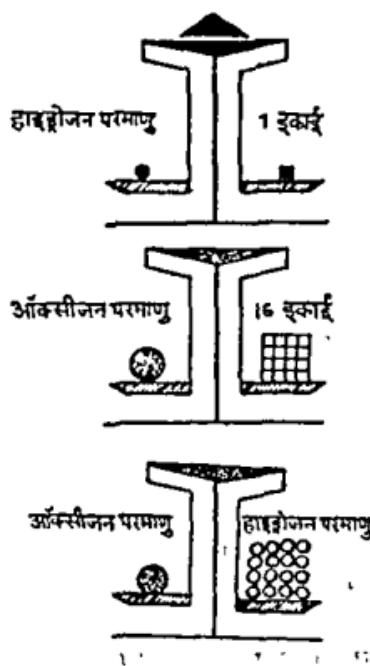
(5) एक "मोल" परमाणुओं का भार सख्या मे उनके परमाणु भार के तथा एक "मोल" अणुओ का भार उनके आण्विक भार के बराबर होता है।

(ii) न्यूट्रॉन, प्रोटॉन, परमाणु संख्या, परमाणु भार, तुल्यांकी भार, संयोजकता के परस्पर सम्बन्ध

यहा सकलित चित्र शृंखला (अ) मे अनेक तत्वों के परमाणु भार को परमाणु भार इकाइयों मे प्रदर्शित किया गया है।

क्लोरीन के परमाणु भार को चित्र द्वारा परमाणु भार इकाइयों मे प्रदर्शित करो।

(iii) चित्र शृंखला (ब) मे कुछ तत्वो के परमाणु भार, परमाणु रचना, सयोजकता व तुल्यांकी भार साथ-साथ दर्शाए गए हैं।

क्लोरीन के लिए ऐसे चित्र बनाकर उपरोक्त राशिया दर्शाओ।

चित्र शृंखला (अ)—परमाणु भारों को परमाणु-भार इकाइयों में प्रदर्शित किया गया है

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		संयोजकता	तुल्यांकी भार	परमाणु भार	1 अणु
CARBON	6	6	8	12		4	3		मीथेन CH_4
NITROGEN	7	7	7	14		3	$4\frac{1}{2}$		अमोनिया NH_3
OXYGEN	8	8	8	16		2	8		जल H_2O
FLUORINE	9	10	9	19		1	19		हाइड्रोजन फ्लोराइड HF
ALUMINIUM	13	14	13	27		3	9		एल्युमिनियम फ्लोराइड $AlCl_3$
SILICON	14	14	14	28		4	7		सिलीकन डाइआक्साइड SiO_2
POTASSIUM	19	20	19	39		1	39		कास्टिक पोटाश KOH
CALCIUM	20	20	20	40		2	20		कैल्शियम हाइड्राक्साइड

(iv) चित्र शृखला (स) में कुछ तत्वो व मूलकों के तुल्यांकी भार दर्शाए गए है—फॉस्फेट मूलक के लिए ऐसा चित्र बनाओ और तुल्यांकी भार ज्ञात करो।

मूलक	भार	संयोजकता	तुल्यांकी भार	मूलक	भार	संयोजकता	तुल्यांकी भार
क्लोराइड ⁻	35·5	1	35·5	सल्फेट =	96	2	48
हाइड्रोक्सिल ⁻	17	1	17	कार्बोनेट =	60	2	30
नाइट्रेट ⁻	62	1	62	अमोनियम +	18	1	18

तुल्यांकी भार

जल का अणु

2 ग्राम हाइड्रोजन 16 ग्राम ऑक्सीजन से संयुक्त होता है
1 ग्राम हाइड्रोजन का तुल्य 8 ग्राम ऑक्सीजन, ऑक्सीजन का तुल्यांकी भार = 8

हाइड्रोक्सिल ग्रुप
जल का अणु

हाइड्रोक्सिल ग्रुप का तुल्यांकी भार = 17

हाइड्रोजन क्लोराइड का अणु

क्लोरीन का तुल्यांकी भार = 35·5

नाइट्रिक अम्ल का अणु

नाइट्रेट मूलक का तुल्यांकी भार = 62

मैगनीशियम क्लोराइड का अणु

मैगनीशियम का तुल्यांकी भार = 12

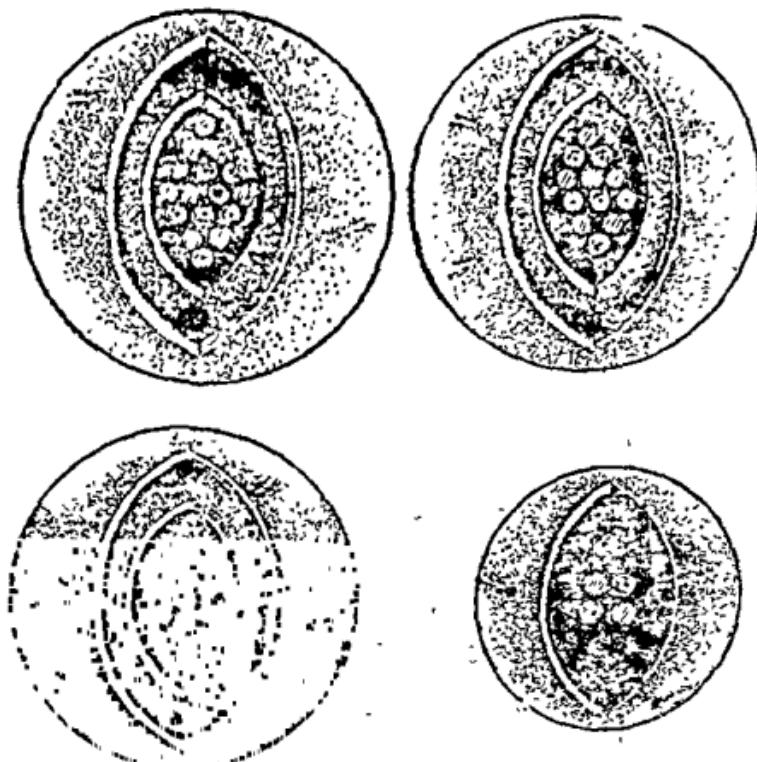
चित्र शृंखला (स)—बाहरी कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 होने पर तत्व निष्क्रिय हो जाते हैं जैसे आरगन। क्या अन्य तत्व इलेक्ट्रॉन ले या देकर बाहरी कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 करने का प्रयत्न करते हैं?

H_2S, CO_2 तथा SO_2 के अणुओं के चित्र बनाकर उनके तुल्यांकी भार ज्ञात करो।

(v) चित्र शृंखला (द) में कुछ यौगिकों के अणुभार प्रदर्शित किए गए हैं। इन्हें देखकर कैल्सियम कार्बोनेट व कार्बन डाइऑक्साइड के अणुभार लिखो। अणुओं के चित्र बनाओ।

चित्र शृंखला (द)—कुछ यौगिकों के अणुभार

(vi) चित्र शृंखला (ध) में कुछ परमाणुओं की संरचनाएं दर्शाई गई हैं। (न्यूक्लियस में उपस्थित कणों को स्पष्टता से दर्शाने के लिए बड़ा करके प्रदर्शित किया गया है।) इनमें कणों के दो रंग रखकर दो प्रकार के कण दर्शाए गए हैं। इनके नाम क्या हैं? यह मानकर कि सफेद कण आवेशित कण हैं, इन कणों की संख्या गिनकर इन तत्त्वों के परमाणु भार व परमाणु संख्याएं ज्ञात करो। आवेशित कण का क्या नाम होता है? इनका आवेश ऋण है या धन? इन चित्रों में ऋण आवेश वाले

कण कहां-कहां प्रदर्शित हैं ? उनका नाम क्या है, प्रत्येक चित्र में इनकी संख्या की गणना करो व बतलाओ कि क्या चित्र में इनकी प्रदर्शित संख्या ठीक है ?

चित्र शृंखला (घ)—कुछ परमाणुओं की संरचना न्यूक्लियस में उपस्थित कणो की स्पष्टता दिखाते हुए ।

हाइड्रोजन

11.1 हाइड्रोजन की खोज की रोचक कहानी

यों तो हाइड्रोजन की खोज का श्रेय हैनरी कैवेंडिश (1766) को दिया जाता है पर इससे भी लगभग ढाई सौ वर्ष पूर्व, सोलहवीं शताब्दी में पैरासेल्सस नाम के वैज्ञानिक ने देखा कि अम्ल में लोहा डालने से बड़ी तीव्र गति से वायु निकलती है। पैरासैल्सस ने इस की कल्पना कि यह गैस ज्वलनशील है। ढाई सौ साल तक इस क्रिया की ओर किसी का ध्यान न गया तब 1766 में कैवेंडिश ने इस तथ्य की जाँच की और पाया कि जिंक अथवा लोहे को सल्फ्यूरिक अथवा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में क्रिया कराने पर एक गैस निकलती है। उन्होंने इसका विस्तृत अध्ययन किया और इसे 'ज्वलनशील वायु' (Inflammable Air) का नाम दिया क्योंकि यह गैस अत्यन्त ज्वलनशील थी। कैवेंडिश का यह अनुमान था कि उन्होंने इस क्रिया से फ्लोजिस्टन को प्राप्त कर लिया है। [illegible]

की खोज में ज्वलनशीलता का सत्य सामने आया और लैवोशियें ने इस गैस का नाम "हाइड्रोजन" रखा जिसका अर्थ होता है "जल बनाने वाला पदार्थ" क्योंकि हाइड्रोजन वायु में जल कर जल बनाती है।

हैनरी कैवेण्डिश
(1731–1610—ब्रिटिश)

कैवेण्डिश शर्मीले, सनकी और धनवान पुरुष थे, जिनके बारे में यह कहा जाता है कि "अस्सी वर्ष तक जीवित रहने पर भी उन्होंने केवल कुछ एक शब्द ही सम्पूर्ण जीवन में दोहराये होंगे।" उन्होंने हाइड्रोजन, जल एवं कार्बन डाइ-ऑक्साइड पर उत्कृष्ट कार्य किया। इसके साथ-साथ उन्होंने विद्युत एवं ऊष्मा पर भी शोध कार्य किया जो उनके जीवन में प्रकाशित नहीं हो सका। प्रसिद्ध कैवेण्डिश भौतिक प्रयोगशाला, कैम्ब्रिज का यह नाम उनके सम्मान में रखा गया। जे. जे. टॉमसन, रदरफोर्ड और अन्य वैज्ञानिकों ने इस प्रयोगशाला में कार्य किया और उनके आविष्कारों ने कैवेण्डिश के नाम को और अधिक सम्मानित किया।

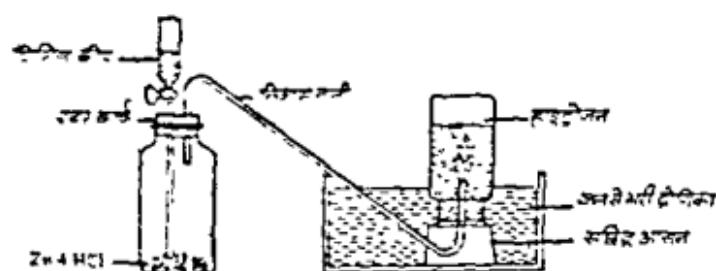
11.2 हाइड्रोजन प्रकृति में किन-किन रूपों में उपस्थित है ?

मुक्त अवस्था मे हाइड्रोजन अल्प मात्रा में वायुमण्डल मे पाई जाती है। इसके अतिरिक्त ज्वालामुखी से निकलने वाली गैसों व प्राकृतिक गैसों व मे भी हाइड्रोजन स्वतन्त्र अवस्था मे होती है। सूर्य से निकलने वाली ज्वालाएं हाइड्रोजन का बड़ा भण्डार है। यह हाइड्रोजन अन्तरिक्ष में सूर्य से लगभग डेढ लाख किलोमीटर तक फैली हुई पाई गई है।

जल हाइड्रोजन का सयुक्त अवस्था मे पाया जाने वाला प्रमुख यौगिक है। जीव एवं वनस्पतिक पदार्थों मे हाइड्रोजन व्याप्त है। लकड़ी, शक्कर, पैट्रोलियम, अमोनिया, आदि पदार्थों मे मुख्यतः हाइड्रोजन होती है। अम्ल व क्षार भी हाइड्रोजन के यौगिक हैं।

11.3 प्रयोगशाला मे हाइड्रोजन कैसे बनाते हैं ?

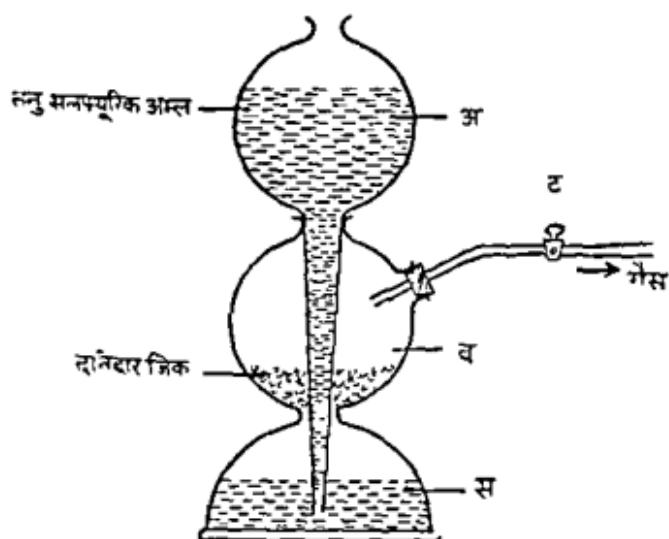
प्रयोगशाला मे हाइड्रोजन बनाने के लिए कैवेण्डिश का मूल प्रयोग ही काम मे लेते हैं। चित्र 11.1 के अनुसार एक फ्लास्क मे दानेदार (granulated) जिंक लेते है। इस फ्लास्क मे दो छेद वाला कॉर्क लगा होता है (अथवा वुल्फ बोतल प्रयोग मे ला सकते हैं)। एक छेद मे थिसिल कीप लगा कर उससे तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डालते है तथा दूसरे छेद से निकास नली लगाकर उसे जल मे द्रोणिका के अन्दर से निकाल कर रख लेते है। द्रोणिका से गैस के कुछ बुलबुले निकलने देते हैं जिससे जो गैस हम आगे एकत्र करने जा रहे है वह फ्लास्क की सारी वायु को विस्थापित कर दे और शुद्ध

ड्रोजन निकलती है। इसके पश्चात् उन मे भरा एक गैस जार द्रोणिका मे बीहाइव शैल्फ पर
कर उन के नीचे ... से जार मे गैस एकत्र कर लेते हैं।

चित्र 11.1--प्रयोगशाला मे हाइड्रोजन बनाना

गन्धकाम्ल (सल्फ्यूरिक अम्ल) हाइड्रोजन, गन्धक एवं ऑक्सीजन का यौगिक है H_2SO_4। इसमे जिंक,
हाइड्रोजन को विस्थापित कर देता है जो गैस के रूप मे निकल जाती है और फ्लास्क मे जिंक सल्फेट
रह जाता है जो पानी मे विलेय है।

$$\underset{\text{(जिंक)}}{Zn} + \underset{\text{(गन्धकाम्ल अम्ल)}}{H_2SO_4} \rightarrow \underset{\text{(जिंक सल्फेट)}}{ZnSO_4} + \underset{\text{(हाइड्रोजन)}}{H_2\uparrow}$$

इसी प्रकार तुम किसी भी अम्ल की कुछ धातुओ से क्रिया कराकर हाइड्रोजन गैस बना सकते
हो। यह देखा गया है कि शुद्ध जिंक की क्रिया मन्द होती है। पर अशुद्ध जिंक से तीव्र क्रिया होकर
जल्दी हाइड्रोजन निकलने लगती है। यहा पर जिंक की अशुद्धि एक उत्प्रेरक का कार्य करती है।

चित्र 11.2--किप का उपकरण

हाइड्रोजन के निरंतर संभरण के लिए किप उपकरण (Kipp's apparatus) का प्रयोग किया जाता है (चित्र 11.2)। इस उपकरण में तीन बल्ब होते हैं (अ, ब और स) जिनमें अ और स एक स्तम्भ और ब अलग से जुड़े रहते हैं। ब बल्ब में दानेदार जिंक के टुकड़े रखते हैं और अ बल्ब में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल अथवा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालते हैं जो नीचे स बल्ब में आ जाता है। है। जब ब बल्ब में लगी टोंटी (ट) खोलते हैं तो अम्ल के दाब से स में से वायु निकलती है और अम्ल ब बल्ब में आता है और इस प्रकार अम्ल और जिंक में क्रिया होकर गैस बाहर आ जाती है। जब गैस का प्रयोग नहीं करना हो तो टोंटी को बन्द कर देते हैं। इससे ब बल्ब में गैस का दाब बढ़ जाता है और अम्ल ब से स में आ जाता है। इस प्रकार अम्ल और जिंक का सम्पर्क छूट जाने से गैस का बनना बन्द हो जाता है। इस प्रकार अपनी इच्छानुसार हाइड्रोजन गैस की निरंतर सप्लाई की जा सकती है।

11.4 प्रयोगशाला में हाइड्रोजन बनाते समय सावधानियाँ रखना आवश्यक है

हाइड्रोजन के गुणों का अध्ययन करते समय हम पढ़ेंगे कि यह एक ज्वलनशील पदार्थ है और वायु से मिलकर एक विस्फोटक मिश्रण बनाती है। इस कारण से गैस बनाते समय अति सावधान रहना चाहिए। कुछ सावधानियाँ नीचे दी जा रही हैं :

1. थिसिल कीप अम्ल में डूबी रहे जिससे गैस ऊपर से बाहर नहीं निकले। इसके अतिरिक्त निकास नली कॉर्क के थोड़ा ही बाहर निकली हो जिससे फ्लास्क से सारी वायु विस्थापित कर केवल हाइड्रोजन ही निकास नली से बाहर निकले।
2. सारा उपकरण वायुरोधी (Air-tight) होना चाहिए जिससे गैस बाहर न निकले।
3. प्रयोग के पास अग्नि अथवा धुआँ रखना नहीं होनी चाहिए क्योंकि हाइड्रोजन वायु की ऑक्सीजन से मिलकर जलने पर विस्फोट कर सकती है।
4. शुद्ध जिंक से क्रिया हल्की होगी और कम गैस प्राप्त होगी।
5. फ्लास्क में पहले थोड़ा पानी लें और फिर बाद में तनु अम्ल डालें। ऐसा करने से क्रिया अति तीव्र नहीं होगी और धीरे-धीरे फ्लास्क की सारी वायु आसानी से निकल जायेगी।

11.5 प्रयोगशाला में बनी हाइड्रोजन को शुद्धि कैसे करें ?

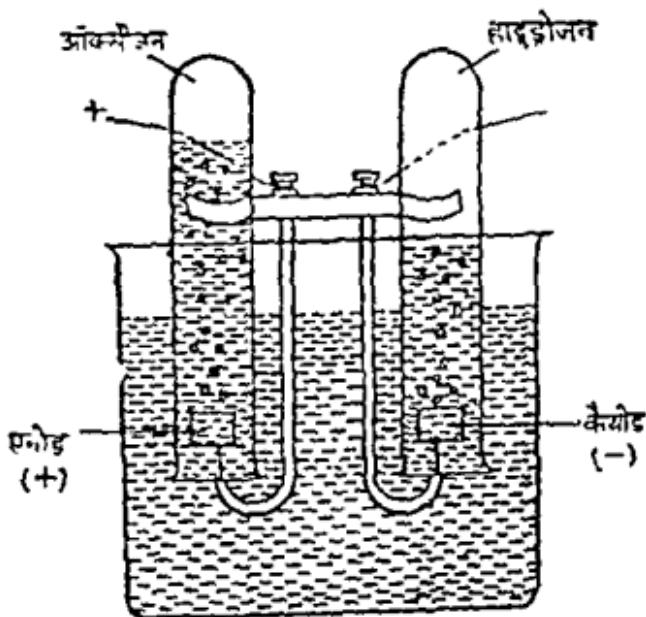
जिंक और तनु सल्फ्यूरिक अम्ल से प्राप्त हाइड्रोजन अशुद्ध होती है। प्रमुख अशुद्धियाँ ये हैं : आर्सीन (AsH_3), फॉस्फीन (PH_3), हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) एव जल की नमी। इन अशुद्धियों को दूर करने के लिए गैस को क्रम से लगे ट्यूबों में से प्रवाहित करते हैं जिनमे :

1. लैड नाइट्रेट विलयन (हाइड्रोजन सल्फाइड को सोखने के लिए),
2. सिल्वर नाइट्रेट विलयन (फॉस्फीन व आर्सीन सोखने के लिए),
3. पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड विलयन (सल्फर डाइऑक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड व नाइट्रोजन डाइऑक्साइड सोखने के लिए) तथा
4. फॉस्फोरस पैन्टॉक्साइड (नमी सोखने के लिए) भरा जाता है।

11.6 हाइड्रोजन के अन्य यौगिकों से भी हाइड्रोजन गैस प्राप्त कर सकते हैं

(अ) जल से

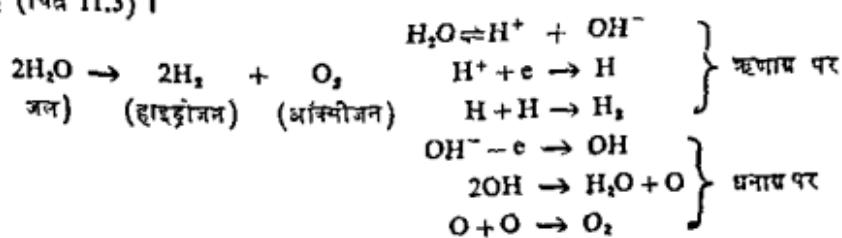
1. विद्युत अपघटन जल से

जल को विद्युत परिचालक बनाने के लिए एक बूंद सल्फ्यूरिक अम्ल डालकर विद्युत धारा प्रवाहित करने पर विद्युत अपघटन होने से जल अपने तत्वों में विभक्त होकर

चित्र 11.3—जल के विद्युत अपघटन से हाइड्रोजन का निर्माण

हाइड्रोजन व ऑक्सीजन दे देता है। हाइड्रोजन ऋणाग्र पर व ऑक्सीजन धनाग्र पर एकत्र हो जाती है (चित्र 11.3)।

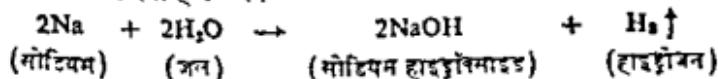
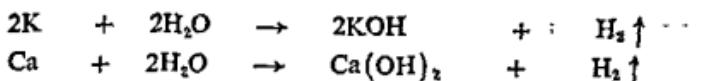
$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$
जल) (हाइड्रोजन) (ऑक्सीजन)

$$\left.\begin{array}{l} H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \\ H^+ + e \rightarrow H \\ H + H \rightarrow H_2 \end{array}\right\} \text{ऋणाग्र पर}$$

$$\left.\begin{array}{l} OH^- - e \rightarrow OH \\ 2OH \rightarrow H_2O + O \\ O + O \rightarrow O_2 \end{array}\right\} \text{धनाग्र पर}$$

2. क्रियाशील धातुओं से

कुछ क्रियाशील धातुएं जैसे सोडियम, पोटैशियम अथवा कैल्सियम जल से क्रिया करके उसमें हाइड्रोजन विस्थापित कर देती हैं। जैसे:

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$$
(सोडियम) (जल) (सोडियम हाइड्रॉक्साइड) (हाइड्रोजन)

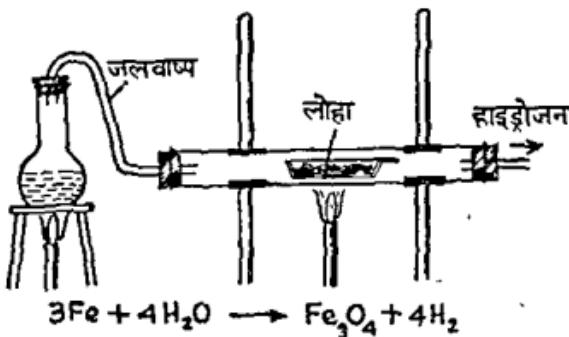
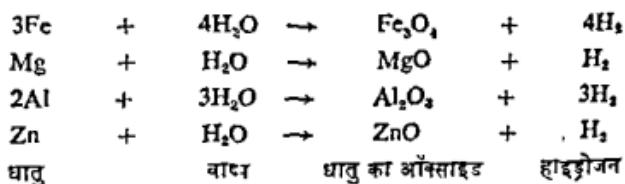
$$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2\uparrow$$
$$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

नोट : यह क्रियाएं अत्यधिक तीव्र होती हैं। पोटैशियम के साथ क्रिया कराने पर निकली हुई हाइड्रोजन गैसें वायु में जल उठती है। नियंत्रित क्रिया कराने के लिए इन धातुओं के अमलगम (धातु और पारे का मिश्रण) का प्रयोग करते है। यह अमलगम जल के साथ धीमी गति से क्रिया करके हाइड्रोजन गैस देते है ।

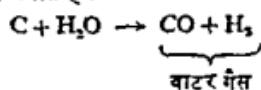
3. अन्य धातुओं और जलवाष्प की क्रिया से

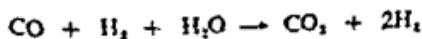
कुछ धातुए—जैसे एल्यूमिनियम, जिंक, मैगनीशियम अथवा लोहा—जलवाष्प मे गर्म करने पर हाइड्रोजन गैस बनाते हैं (चित्र 11.4)।

चित्र 11.4—जलवाष्प से हाइड्रोजन बनाना

3Fe	+	$4H_2O$	→	Fe_3O_4	+	$4H_2$
Mg	+	H_2O	→	MgO	+	H_2
2Al	+	$3H_2O$	→	Al_2O_3	+	$3H_2$
Zn	+	H_2O	→	ZnO	+	H_2
धातु		वाष्प		धातु का ऑक्साइड		हाइड्रोजन

4. श्वेत तप्त कोक से

जलवाष्प श्वेत तप्त कोक (1000° सें. से अधिक) पर प्रवाहित करने पर कार्बन मोनोक्साइड व हाइड्रोजन बनाते है .

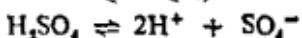
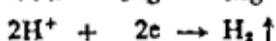
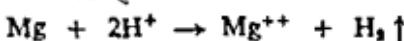
$$C + H_2O \rightarrow \underbrace{CO + H_2}_{\text{वाटर गैस}}$$

इस मिश्रण को वाटर गैस कहते हैं। इसमें केवल हाइड्रोजन प्राप्त करने के लिए इस मिश्रण को तप्त (450–500° से.) फैरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3) पर और वाष्प मिलाकर प्रवाहित करते हैं। इससे कार्बन मोनोक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड मे परिणित हो जाती है—

$$CO + H_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$$

इस क्रिया मे फैरिक ऑक्साइड उत्प्रेरक का कार्य करता है। इस मिश्रण को 25 वायुमण्डलीय दाव पर जल मे प्रवाहित करने पर कार्बन डाइऑक्साइड जल में विलय हो जाती है और हाइड्रोजन उसमे निकल जाती है। इस को एकत्र कर लेते हैं। यह हाइड्रोजन बनाने की व्यापारिक विधि भी है जिसे "बौश विधि" भी कहते हैं।

(ब) अम्लों से

ऊपर बताया गया है कि कुछ धातु सल्फ्यूरिक अथवा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से क्रिया करके हाइड्रोजन गैस बनाते हैं। यह धातु हैं : लोहा, मैगनीशियम, टिन, एल्युमिनियम, आदि। आओ देखें यह क्रिया किस प्रकार होती है।

प्रत्येक अम्ल जल मे विलय होकर हाइड्रोजन आयन देता है–

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$$

यह हाइड्रोजन आयन धातु मे इलैक्ट्रॉन लेकर धातु को आयन मे परिवर्तन करता है और निरावेश हाइड्रोजन गैस निकल जाती है .

$$Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{++} + H_2\uparrow$$

अथवा $Mg \rightarrow Mg^{++} + 2e$

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow$$

इस प्रकार विलयन मे सल्फेट आयन ($SO_4^{=}$) बच रहता है जो क्रिया मे भाग नही लेता और उसके साथ धातु का धनाग्र आयतन भी बचा रहता है।

$Sn + 2HCl \rightarrow SnCl_2 + H_2\uparrow$

(टिन) (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) (स्टैनस क्लोराइड) (हाइड्रोजन)

$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow$

(मैगनीशियम क्लोराइड)

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$

(एल्यूमिनियम क्लोराइड)

(स) क्षारों से

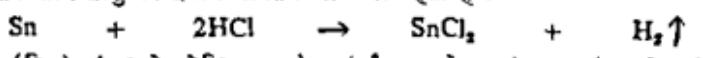
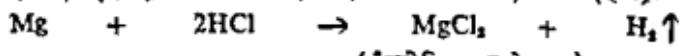
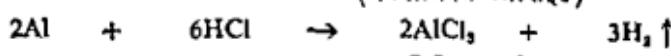
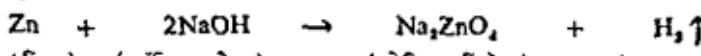
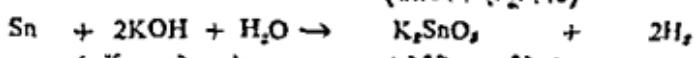
जिंक, एल्यूमिनियम, टिन, आदि, धातुएं कॉस्टिक क्षारो के साथ गर्म करने पर हाइड्रोजन गैस देती है।

$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow$

(जिंक) (कॉस्टिक सोडा) (सोडियम जिंकेट) (हाइड्रोजन)

$2Al + 6NaOH \rightarrow 2Na_3AlO_3 + 3H_2$

(सोडियम एल्यूमिनेट)

$Sn + 2KOH + H_2O \rightarrow K_2SnO_3 + 2H_2$

(कॉस्टिक पोटाश) (पोटैशियम स्टैनेट)

11.7 हाइड्रोजन के भौतिक गुण

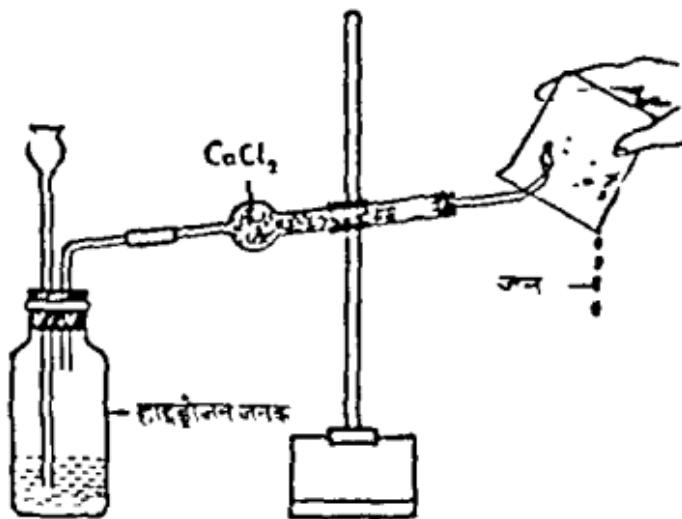
1. रंगहीन, गंधहीन व स्वादहीन गैस। यदि इसमें कुछ गंध होती है तो वह अशुद्धियों (जैसे आरसीन) के कारण होती है। लिटमस के प्रति उदासीन होती है।

11.8 हाइड्रोजन के रासायनिक गुण

1. हाइड्रोजन एक ज्वलनशील गैस है पर जलने में सहायता नहीं करती

प्रयोग—एक हाइड्रोजन गैस से भरा जार लो। इसे उल्टा कर इसमें एक जलती हुई तीली ले जाओ। तुम देखोगे कि जार के मुंह पर एक नीली लौ दीखती है। यह जलती हुई हाइड्रोजन गैस है। जब तीली को जार के अन्दर ले जाते हैं (चित्र 11.6) तो तीली बुझ जाती है। इससे सिद्ध होता है कि गैस ज्वलनशील है पर जलने में सहायता नहीं करती।

2 वायु अथवा ऑक्सीजन की उपस्थिति में हाइड्रोजन जल कर पानी बनाती है

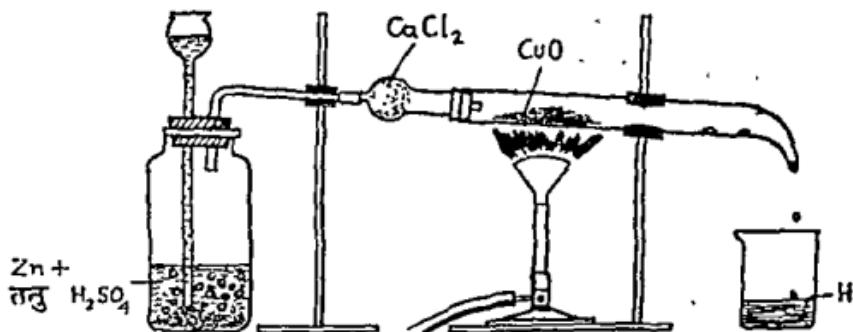
प्रयोग—चित्र 11.7 में दिखाये अनुसार एक उपकरण लगाओ। इसमें तुम देखोगे कि हाइड्रोजन वायु की ऑक्सीजन में जलकर वाष्प बनाती है जो एक उल्टे रखे बीकर में द्रवित करके

चित्र 11.7—हाइड्रोजन वायु में जल कर जल बनाती है।

जल की बूंदों में परिणत की जा सकती है। इस उपकरण में [illegible] गैस को पहले कैल्सियम क्लोराइड से शुष्क कर लेते हैं। यह आवश्यक [illegible] है कि पहले थोड़ी गैस ऐसे ही निकल जाने देते हैं जिससे उपकरण [illegible] अन्यथा गैस जलाने ही विस्फोट होने की सम्भावना रहती है।

3 हाइड्रोजन एक शक्तिशाली अपचायक है

हाइड्रोजन का ऑक्सीजन की ओर तीव्र आकर्षण [illegible] ऑक्सीजन लेकर जल बनाती है और [illegible] कहलाती है। इस प्रकार [illegible]

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$$
$$PbO + H_2 \rightarrow Pb + H_2O$$
$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$
(ऑक्साइड) (धातु) (जल)

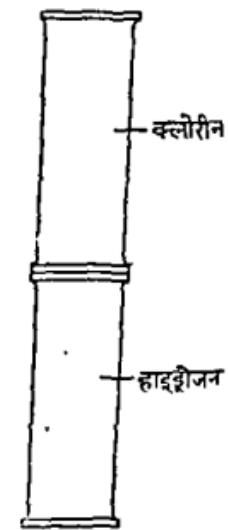
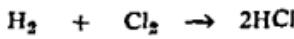
प्रयोग—चित्र 11.8 के उपकरण से हाइड्रोजन बनाकर कैल्सियम क्लोराइड के ऊपर प्रवाहित करके उसे शुष्क कर लो। फिर उसे तप्त कॉपर ऑक्साइड के ऊपर से जाने दो। तुम

चित्र 11.8—हाइड्रोजन द्वारा कॉपर ऑक्साइड का अपचयन

देखोगे कि शुष्क गैस होते हुए भी कठोर काच के ट्यूब से निकली हुई वाष्प ठण्डी होकर पानी में परिणित हो जाती है। चित्र 11.7 की सारी सावधानी इसमें भी रखनी है अन्यथा विस्फोट होने की सम्भावना हो सकती है। प्रयोग के बाद कठोर कांच के ट्यूब में रखे कॉपर ऑक्साइड में क्या परिवर्तन हुआ ? वहा पर काले कॉपर ऑक्साइड के स्थान पर चमकती हुई लाल रग की तांबा धातु बच रहती है।

4. अधातुओं के साथ क्रिया

साधारणत: हाइड्रोजन एक धनात्मक (Electropositive) तत्त्व है। इसलिए वह ऋणात्मक तत्त्वों से सरलता से क्रिया करके यौगिक बनाती है। अधातुएं ऋणात्मक होती है। इन क्रियाओं मे हाइड्रोजन अपना इलैक्ट्रॉन देकर (विद्युत सयोजक) यौगिक बना लेती है।

(अ) सूर्य के प्रकाश एव नमी की उपस्थिति में क्लोरीन से सयोग करके हाइड्रोजन क्लोराइड बनती है

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

चित्र 11.9—सूर्य के प्रकाश में हाइड्रोजन व क्लोरीन की क्रिया

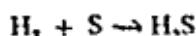
प्रयोग—एक गैस जार में क्लोरीन गैस और दूसरे में हाइड्रोजन गैस भरो और क्लोरीन जार को हाइड्रोजन जार के ऊपर (चित्र 11.9) रखकर कुछ समय के लिए विसरित सूर्य के प्रकाश (Diffused Sunlight) में रख दो। इसके पश्चात दोनों जार को अलग करके दोनों के मुख पर अमोनियम हाइड्राक्साइड में भीगी छड़ लाओ। तुम क्या देखते हो? दोनों जारों में श्वेत धुआ बन जाता है क्योंकि दोनों गैसें आपस में क्रिया करके हाइड्रोजन क्लोराइड का श्वेत धुआ बनाती है।

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

(अमोनिया) (अमोनियम क्लोराइड)

इस प्रयोग में दोनों गैसों का नम होना अति आवश्यक है।

(ब) गंधक को हाइड्रोजन गैस की उपस्थिति में गर्म करने पर हाइड्रोजन सल्फाइड गैस बनती है।

$$H_2 + S \rightarrow H_2S$$

(स) हाइड्रोजन (तीन भाग) व नाइट्रोजन (एक भाग) मिश्रण अधिक दाब (200-300 वायुमण्डलीय दाब) व उत्प्रेरक (1500° से पर सूक्ष्म मात्रा में क्रोमिक ऑक्साइड युक्त फेरिक ऑक्साइड) की उपस्थिति में अमोनिया बनाती है—

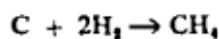
$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

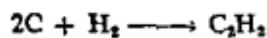
इस विधि में अमोनिया का औद्योगिक उत्पादन (हेबर विधि) किया जाता है।

(द) कार्बन के साथ हाइड्रोजन की क्रिया दो दिशाओं में होती है :

(i) कार्बन के साथ हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करने पर मीथेन बनती है—

$$C + 2H_2 \xrightarrow{1100^\circ \text{ से}} CH_4$$

मीथेन

(ii) कार्बन इलक्ट्रोडों के बीच विद्युत आर्क बनाकर हाइड्रोजन प्रवाहित करने पर एसिटिलीन बनती है—

$$2C + H_2 \xrightarrow{\text{कार्बन आर्क}} C_2H_2$$

(एसिटिलीन)

5. धातुओं के साथ क्रिया

धातु साधारणतः धनात्मक तत्व होते है। हाइड्रोजन भी धनात्मक होते हुए कुछ धातुओं से क्रिया करती है। परन्तु यह क्रिया अधातुओं जैसी नहीं होती। विशेष परिस्थितियों में सोडियम, पोटैशियम एवं कैल्सियम (अर्थात तीव्र धनात्मक तत्व) हाइड्रोजन से संयोग करके हाइड्राइड बनाते है—

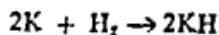
$$2Na + H_2 \rightarrow 2NaH$$

(सोडियम हाइड्राइड)

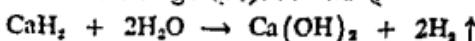
$$2K + H_2 \rightarrow 2KH$$

(पोटैशियम हाइड्राइड)

$$Ca + H_2 \rightarrow CaH_2$$

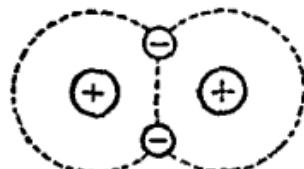
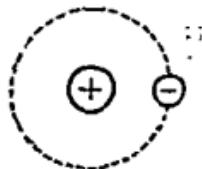
(कैल्सियम हाइड्राइड)

इन यौगिकों में हाइड्रोजन ऋणात्मक तत्व जैसा व्यवहार करती है क्योंकि यह पाया है कि इन हाइड्राइडों का विद्युत विश्लेषण करने पर हाइड्रोजन धनाग्र पर एकत्र होती है। इन यौगिकों में हाइड्रोजन की संयोजकता −1 होती है जब कि अन्य यौगिकों में +1 होती है।

ये हाइड्राइड जल से क्रिया करके पुनः हाइड्रोजन बनाते हैं—

$$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2\uparrow$$

6. हाइड्रोजनीकरण क्रिया

द्रव तेलों को ठोस वसा में परिणित होने की क्रिया को हाइड्रोजनीकरण कहते हैं। इस क्रिया में उत्प्रेरक की उपस्थिति में द्रव तेल (जैसे—मूंगफली, सरसों, नारियल, बिनौला, आदि के तेल) में हाइड्रोजन प्रवाहित करते हैं जिससे द्रव ठोस वसा में बदल जाता है। इसी क्रिया से वनस्पति घी (जैसे डालडा, आदि) बनाते हैं।

7. नवजात हाइड्रोजन

उत्पन्न होते ही जो हाइड्रोजन रासायनिक क्रिया में भाग ले उसे नवजात हाइड्रोजन कहते हैं। यह हाइड्रोजन का अति क्रियाशील एवं तीव्र अपचायक रूप है। इस क्रियाशीलता का कारण

चित्र 11.10—आण्विक व परमाण्विक हाइड्रोजन

है हाइड्रोजन का परमाणु स्थिति में होना। साधारण गैस आणविक होने के कारण क्रियाशील नहीं होती क्योंकि उसके सब इलैक्ट्रॉन अपने कक्षों में पूरे होते हैं।

इस प्रकार आपसी सहयोग से दोनों के इलैक्ट्रॉन कक्ष संतृप्त होते हैं और उस अणु में क्रियाशीलता नहीं रहती। क्या इस अवस्था में हाइड्रोजन के अणु की हीलियम की परमाणु रचना से तुलना कर सकते हैं? इसके विपरीत नवजात हाइड्रोजन (चित्र 11.10 ब) में परमाणु होने के कारण वह अपने को संतृप्त करने के लिए कोई पदार्थ ढूंढता है और तुरन्त उससे एक इलैक्ट्रॉन लेकर अथवा देकर अथवा सहयोग कर अपनी तृप्ति कर लेता है (चित्र 11.10 अ)। परिणाम स्वरूप नवजात हाइड्रोजन अतिक्रियाशील होती है।

प्रयोग—एक बीकर में फैरिक क्लोराइड का जलीय विलयन लो। अब इसमें एक उपकरण से हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करो। क्या कोई परिवर्तन देखते हो? नहीं। इसी बीकर में अब कुछ

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल और जिंक के टुकड़े डालो और देखो क्या होता है ? तुम पाओगे कि जैसे ही जिंक और अम्ल में क्रिया आरम्भ हुई वैसे ही विलयन का रंग भूरे लाल से बदल कर हल्का हरा अथवा रंगहीन हो जाता है। ऐसा क्यों हुआ ? जिंक और अम्ल से हाइड्रोजन निकली जिसने फैरिक क्लोराइड (भूरा लाल) को फैरस क्लोराइड (हल्का हरा) में अपचयन कर दिया।

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + 2H$$

$$FeCl_3 + H \rightarrow FeCl_2 + HCl$$

(फैरिक क्लोराइड) (फैरस क्लोराइड)

इसी प्रकार की क्रिया हम पोटैशियम परमैंगनेट के विलयन में जिंक और तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डालने पर पाते हैं। इसमें विलयन बैंगनी गुलाबी से रंगहीन हो जाता है—

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

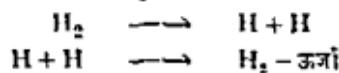
बैंगनी गुलाबी   रंगहीन

8. परमाण्वीय हाइड्रोजन

टंग्स्टन की छड़ों के बीच विद्युत आर्क उत्पन्न करके उसके बीच हाइड्रोजन गैस की एक पतली जैट छोड़ने से हाइड्रोजन के अणु अपने परमाणुओं में विभक्त हो जाते हैं (चित्र 11.11) यह परमाणु फिर से आपस में संयोग करके और ऊर्जा निकालते हैं जिससे 4000° से 5000° से तक तापक्रम पहुंचता है।

विद्युत आर्क

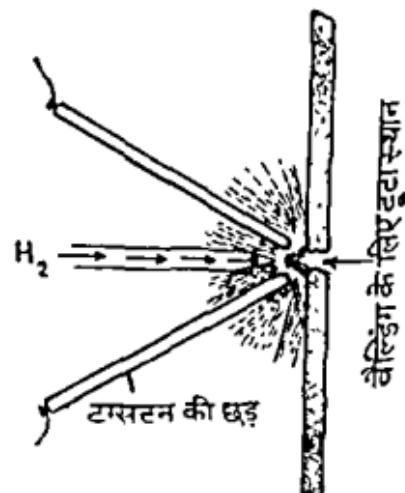
$$H_2 \longrightarrow H + H$$

$$H + H \longrightarrow H_2 - \text{ऊर्जा}$$

इस ऊर्जा और उच्च तापक्रम को इस्पात, एल्युमिनियम के मिश्रण, आदि के वेल्डन (Welding) के प्रयोग में लाते हैं।

चित्र 11.11—परमाण्वीय हाइड्रोजन टॉर्च से वेल्डन करना

परमाण्वीय हाइड्रोजन अत्यधिक क्रियाशील होती है। आण्विक हाइड्रोजन से क्रिया कराने से पहले दो हाइड्रोजन के बीच का सहसंयोजक बन्ध तोड़कर परमाणु अवस्था में परिवर्तित करना होता है। इस क्रिया में ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसी कारण साधारण हाइड्रोजन की क्रियाएं ऊष्मा शोषी (Endothermic) होती हैं।

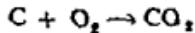
11.9 हाइड्रोजन के उपयोग

1. आक्सी-हाइड्रोजन ज्वाला (Oxy-hydrogen flame) का प्रयोग टांका लगाने एवं धातु की चद्दरें काटने में होता है। इससे अत्यधिक तापक्रम उत्पन्न होता है और धातु सरलता से द्रवित हो जाती है।
2. अमोनिया (NH_3), मिथाइल ऐल्कोहॉल (CH_3OH), व फोरमैल्डीहाइड ($HCHO$) के औद्योगिक उत्पादन में हाइड्रोजन प्रयोग में लाते हैं।

3. कृत्रिम पैट्रोल बनाने के काम आती है।
4. हाइड्रोजनीकरण से उत्प्रेरक की उपस्थिति में द्रव तेलों को ठोस वसा में बदलती है (डालडा घी बनाना)।
5. हल्की होने के कारण इसका प्रयोग गुब्बारों में किया जाता है। अधिक ऊंचाई पर कौस्मिक (Cosmic) अनुसंधानों के लिए बड़े-बड़े गुब्बारों मे यंत्र, आदि बांध कर छोड़ देते है। हाइड्रोजन के हल्का होने के कारण गुब्बारा आकाश की ओर उड़ता चला जाता है। कुछ काल पहिले तक विमानों को हल्का रखने और उड़ान मे सुविधा रखने के लिए इनमें हाइड्रोजन गैस भरी रहती थी। परन्तु गैस की ज्वलनशीलता के कारण दुर्घटनाएँ हुई। इसलिए गैस का यह प्रयोग विमानो मे अब नहीं किया जाता है। इसके स्थान पर हीलियम (एक निष्क्रिय गैस) प्रयोग मे लाते हैं।
6 अपचायक के रूप में धातु के ऑक्साइड (जैसे कॉपर ऑक्साइड, निकल ऑक्साइड आदि) का धातु मे अवचयन करने के लिए गैस का प्रयोग किया जाता है।
7. अन्तरिक्ष यानो में रॉकेट के ईंधन के रूप में द्रव हाइड्रोजन का प्रयोग करते है। द्रव हाइड्रोजन और द्रव ऑक्सीजन का मिश्रण साधारण ईंधनो से 40% अधिक प्रणोद (Thrust) देकर रॉकेट के नोदन (Propulsion) मे सहायता करता है।

ऑक्सीकरण और अपचयन
(Oxidation and Reduction)

11.10 ऑक्सीकरण व अपचयन क्या है ?

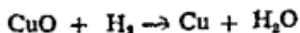
तुम जानते हो कि कोयला वायु में जलता है और कार्बन डाइऑक्साइड बनती है। इस क्रिया मे कोयले का कार्बन वायु की ऑक्सीजन से संयोग करता है :

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

इसी प्रकार गंधक को वायु में जलाने से सल्फर डाइऑक्साइड बनती है·

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

ऐसी क्रिया जिसमें कोई पदार्थ ऑक्सीजन से संयोग करता है 'ऑक्सीकरण' कहलाती है। उदाहरणार्थ कॉपर (तांबा) का वायु मे गर्म करने पर काले कॉपर ऑक्साइड (CuO) में बदल जाना ऑक्सीकरण कहलायेगा।

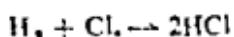
ऑक्सीकरण की विपरीत क्रिया 'अपचयन' कहलाती है। अर्थात्, किसी पदार्थ में से ऑक्सीजन का निकलना अपचयन होता है। उदाहरण के लिए गर्म कॉपर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन गैस की क्रिया देखें।

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

यहा पर कॉपर ऑक्साइड का कॉपर में अपचयन होता है।

इस प्रकार की क्रियाओ के अध्ययन के साथ-साथ यह भी पता चला कि कुछ यौगिकों से हाइड्रोजन का निकलना भी ऑक्सीकरण के ही प्रकार की क्रिया होती है। इसी धारणा पर यह भी माना गया कि हाइड्रोजन से संयोग करना अपचयन के ही प्रकार की क्रिया होती है। इन मान्यताओं को निम्न समीकरण से समझा जा सकता है :

$$H_2S + Br_2 \rightarrow 2HBr + S$$

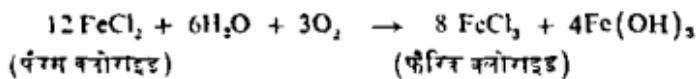
इस क्रिया में हाइड्रोजन सल्फाइड से हाइड्रोजन निकल गई और सल्फर बन गया। इस प्रकार हाइड्रोजन सल्फाइड का आक्सीकरण सल्फर में हो गया।

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

इस क्रिया में क्लोरीन का अपचयन होकर हाइड्रोजन क्लोराइड बन गई।

11.11 ऑक्सीकरण व अपचयन ऑक्सीजन व हाइड्रोजन की अनुपस्थिति में

रासायनिक क्रियाओं का विस्तृत अध्ययन करते समय यह पाया गया कि कुछ क्रियाएं ऐसी होती हैं जिनमें ऑक्सीजन अथवा हाइड्रोजन से क्रिया न होते हुए भी ऑक्सीकरण व अपचयन से मिलती-जुलती ही होती हैं। ऑक्सीकरण का एक ऐसा उदाहरण निम्न है

फैरस आक्साइड (FeO) एक क्षारीय ऑक्साइड है जो फैरस लवण देता है। फैरस ऑक्साइड वायु की ऑक्सीजन से ऑक्सीकृत होकर फैरिक ऑक्साइड बनाता है जो क्षारीय होने के कारण फैरिक लवण देता है। इस प्रकार फैरस व फैरिक लवण का वही सम्बन्ध हुआ जो फैरस और फैरिक ऑक्साइड का।

इस प्रकार फैरस क्लोराइड का एक विलयन वायु में धीरे-धीरे फैरिक क्लोराइड में परिणित हो जाता है

$$12FeCl_2 + 6H_2O + 3O_2 \rightarrow 8FeCl_3 + 4Fe(OH)_3$$

(फैरस क्लोराइड) (फैरिक क्लोराइड)

यह ऑक्सीकरण की क्रिया है। परन्तु यदि फैरस क्लोराइड के विलयन में क्लोरीन गैस प्रवाहित करें तो भी फैरिक क्लोराइड बन जाता है

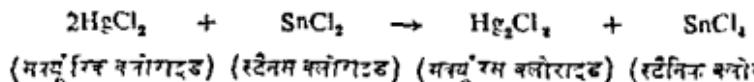
$$2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

क्या यह क्रिया आक्सीकरण नहीं है? यदि ऊपर दी हुई क्रिया आक्सीकरण है तो यह क्रिया भी फैरस का फैरिक में ऑक्सीकरण ही हुई जिसमें आक्सीजन ने कहीं भी भाग नहीं लिया।

इसी प्रकार अपचयन का भी एक उदाहरण देखें जिसमें बिना ऑक्सीजन के हटाये अथवा हाइड्रोजन से संयोग किये यह क्रिया होती है। फैरस क्लोराइड को फैरिक क्लोराइड में ऑक्सीकरण के आधार पर इसके विपरीत मर्क्यूरिक क्लोराइड का मर्क्यूरस क्लोराइड में परिवर्तित होना अपचयन होगा :

$$2HgCl_2 + SnCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$

(मर्क्यूरिक क्लोराइड) (स्टैनस क्लोराइड) (मर्क्यूरस क्लोराइड) (स्टैनिक क्लोराइड)

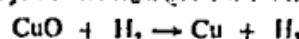
क्या यह क्रिया मर्क्यूरिक क्लोराइड का मर्क्यूरस क्लोराइड में अपचयन नहीं है?

इन दो क्रियाओं के आधार पर हम ऑक्सीकरण और अपचयन की परिभाषा को विस्तृत करते हैं—

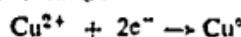
"ऑक्सीकरण वह क्रिया है जिसमें कोई पदार्थ ऑक्सीजन से, ऋणात्मक परमाणु अथवा मूलक से मिले अथवा उसमें से हाइड्रोजन, धनात्मक परमाणु अथवा मूलक निकलें।"

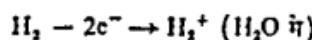
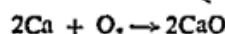
उपर्युक्त प्रत्येक क्रिया इस परिभाषा के अन्तर्गत आ जाती है।

11.12 ऑक्सीकरण व अपचयन इलैक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के आधार पर

तप्त कापर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करने पर कॉपर ऑक्साइड कॉपर में अपचित हो जाता है और हाइड्रोजन ऑक्सीकृत होकर जल बनाती है :

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2$$

इस क्रिया में कॉपर की संयोजकता + 2 (CuO में) से उदासीन अथवा शून्य (Cu° में) हो जाती है और कॉपर दो इलैक्ट्रॉन ले लेता है :

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^{\circ}$$

इसके साथ ही हाइड्रोजन एक इलैक्ट्रॉन देकर उदासीन हाइड्रोजन से H^+ में बदल जाती है :

$$H_2 - 2e^- \rightarrow H_2^+ \ (H_2O \text{ में})$$

इस क्रिया में कॉपर (CuO में) ने इलैक्ट्रॉन लेकर अपने को कॉपर (Cu में) में परिवर्तित किया जो अपचयन कहलाता है। इसके विपरीत हाइड्रोजन ने इलैक्ट्रॉन देकर H_2O बनाया तो वह ह ऑक्सीकृत हुई। एक दूसरा उदाहरण है :

कैल्सियम से कैल्सियम ऑक्साइड बनना ऑक्सीकरण होता है—

$$2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$$

इस क्रिया में कैल्सियम के दो इलेक्ट्रॉन ऑक्सीजन ने लेकर कैल्सियम को Ca° से Ca^{2+} में दल दिया :

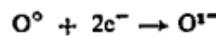
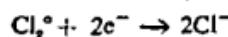
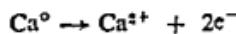
$$Ca^{\circ} \rightarrow Ca^{2+} + 2e^-$$

और यह इलैक्ट्रॉन ऑक्सीजन ने लेकर अपने को O^{2-} में बदल लिया ।

$$O^{\circ} + 2e^- \rightarrow O^{2-}$$

इसी प्रकार कैल्सियम से कैल्सियम क्लोराइड बनने की क्रिया को देखें—

$$Ca^{\circ} \rightarrow Ca^{2+} + 2e^-$$

$$Cl_2^{\circ} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$$

अथवा $$Ca + Cl_2 \rightarrow CaCl_2 \ (Ca^{2+} + 2Cl^-)$$

इन दोनों क्रियाओं में कलिसयम दो इलेक्ट्रॉन देकर (Ca^{2+} में बदल जाता है तो Ca का aCl_2 में बदलना भी ऑक्सीकरण हुआ ।

इसी प्रकार

$$2Fe^{2+} + Cl_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2Cl^-$$

फैरस आयन का फैरिक आयन में परिवर्तन इलैक्ट्रॉन के निकलने से हुआ इसलिए यह क्सीकरण है।

"इलैक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के आधार पर ऑक्सीकरण वह क्रिया है जिसमें कोई परमाणु अथवा लक इलैक्ट्रॉन निकाल दें। अपचयन वह क्रिया है जिसमें कोई भी परमाणु अथवा मूलक इलैक्ट्रॉन लें।"

वह पदार्थ जो इलैक्ट्रॉन ले ले वह ऑक्सीकारक कहलाता है। वह पदार्थ जो इलैक्ट्रॉन दे दे ह अपचायक कहलाता है।

11.13 ऑक्सीकरण व अपचयन रासायनिक क्रियाएँ

[illegible] से यह स्पष्ट होता है कि यदि एक पदार्थ ऑक्सीकृत होता है तो [illegible] अपचयन होता है। इसी बात को इलैक्ट्रॉन सिद्धान्त के [illegible] कि पदार्थ ने इलैक्ट्रॉन त्याग कर दूसरे पदार्थ में [illegible] । [illegible] ऑक्सीकरण होता है दूसरा अपचयित। अर्थात् किसी भी [illegible] ।

$$2HgCl_2 + SnCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$

इस क्रिया में $HgCl_2$ का अपचयन होकर Hg_2Cl_2 बन रहा है (क्योंकि Hg^{++} ने दो इलैक्ट्रॉन लेकर Hg^{+} में परिवर्तित हो गया) और साथ ही साथ $SnCl_2$ का ऑक्सीकरण होकर $SnCl_4$ बन रहा है। (क्योंकि Sn^{++} ने दो इलैक्ट्रॉन त्याग कर Sn^{4+} में बदल गया)।

$$2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

इस क्रिया में Fe^{++} का ऑक्सीकरण हुआ और Cl_2 जो उदासीन थी अब इलैक्ट्रॉन लेकर Cl^- में बदल गई जो अपचयन की क्रिया दर्शाती है।

$$2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$$

इस क्रिया में H_2S से S बनना ऑक्सीकरण है और SO_2 का S में परिवर्तन अपचयन कहलाता है।

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$$

इस क्रिया में I^- से इलैक्ट्रॉन त्याग कर I (उदासीन) बनना पोटैशियम आयोडाइड (KI) का आयोडीन में ऑक्सीकरण है और Cl (उदासीन) से Cl^- बनना अपचयन होता है।

11.14 ऑक्सीकारक एवं अपचायक पदार्थ

जिन पदार्थों से ऑक्सीकरण होता है उन्हें ऑक्सीकारक तथा जिनसे अपचयन होता है उन्हें अपचायक पदार्थ कहते हैं।

ऑक्सीजन मैग्नीशियम को मैग्नीशियम ऑक्साइड में एवं नाइट्रिक अम्ल हाइड्रोजन सल्फाइड को गंधक में ऑक्सीकृत कर देता है। अतः ये ऑक्सीकारक पदार्थ हैं।

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

$$H_2S + 2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + S$$

हाइड्रोजन कॉपर ऑक्साइड को कॉपर में अपचित करती है। अतः अपचायक पदार्थ है।

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

11.15 ऑक्सीकारक एवं अपचायक पदार्थों का इलैक्ट्रॉनिक सिद्धान्त द्वारा वर्गीकरण

जो पदार्थ इलैक्ट्रॉन ग्रहण करते हैं उन्हें ऑक्सीकारक पदार्थ एवं जो पदार्थ अपचयन के लिए इलैक्ट्रॉन देते हैं उन्हें अपचायक पदार्थ कहते हैं।

$$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$$

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$$

एमिड बनाती है। पिघले हुए सोडियम व पोटैशियम धातुओं से संयुक्त होकर यह हाइड्राइड बनाती है।

टंगस्टन इलेक्ट्रोड द्वारा बनाये गये आर्क के मध्य हाइड्रोजन की अणुधारा प्रवाहित करने से अणु परमाणुओं में विभक्त हो जाते हैं और बहुत उच्च ताप पैदा होता है। इस क्रिया का उपयोग वेल्डिंग की क्रिया में किया जाता है। हाइड्रोजन गैस का उपयोग उद्योगों में अमोनिया, मिथिल ऐल्कोहॉल, तेलों के हाइड्रोजनीकरण करने में किया जाता है। हाइड्रोजन के समस्थानिक के बीच होने वाली न्यूक्लीयर अभिक्रिया से बहुत ही अधिक ऊर्जा उत्पन्न होती है। यह क्रिया हाइड्रोजन बम में होती है।

हाइड्रोजन सभी ईंधन गैसों में मुक्त अथवा संयुक्त अवस्था में उपस्थित रहती है। रॉकेट के ईंधन में द्रव हाइड्रोजन को द्रव ऑक्सीजन के साथ मिलाकर उपयोग किया जाता है। हल्की होने से इसका उपयोग गुब्बारे भरने में भी किया जाता है। हाइड्रोजन को हीलियम की परमाणु रचना ग्रहण करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। एक लीटर हाइड्रोजन गैस का भार सा.दा.ता. पर 0.09 ग्राम होता है।

अध्ययन प्रश्न

1. यदि हाइड्रोजन के भरे जार में जलती हुई तीली जलाये तब क्या होगा? क्रिया का समीकरण लिखो।
2. हाइड्रोजन बनाने के उपकरण में से निकास नली पर इसको जलाने से पहले सारी हवा क्यों निकाल दी जाती है? कारण बताओ।
3. क्षार तथा जल से हाइड्रोजन गैस किस प्रकार बनाओगे? क्रियाओं का समीकरण तथा परिस्थितियां लिखो।
4. वातावरण में हाइड्रोजन बहुत ही अल्प मात्रा में उपस्थित रहती है। इसका कारण क्या है?
5. क्या कारण है कि हाइड्रोजन बनाने के लिए दानेदार जिंक व लोहा लिया जाता है? इसके अलावा और कौन-कौनसे कारक है जो हाइड्रोजन गैस के बनने में सहायक होते है?
6. गैस के विसरण को प्रयोग द्वारा समझाओ।
7. हाइड्रोजन के परमाणु मिलकर अणु बनाते है। क्या इस क्रिया में ऊर्जा निकलती है? इस क्रिया का उपयोग किस प्रकार कहां पर किया जाता है? समझाओ।
8. टिन ऑक्साइड पर हाइड्रोजन प्रवाहित करने पर जल बनता है। इस क्रिया में कौनसा पदार्थ अपचित हुआ तथा कौनसा आक्सीकृत?
9. आक्सीकरण तथा अपचयन क्रियाएं एक दूसरे के विपरीत होती हैं। स्पष्ट करो। कोई से पांच उदाहरण लिखो।

रोचक प्रयोग/परियोजनाएं/प्रयोगशाला क्रियाएं

1. 100 ग्राम जल के विच्छेदन से कितने ग्राम हाइड्रोजन प्राप्त होगी? प्रयोग द्वारा ज्ञात करो।
2. निम्न इलेक्ट्रोड का उपयोग कर जल वोल्टामीटर बनाओ फिर उसमें विद्युत विच्छेदन कर 10 मिनट में प्राप्त होने वाली गैसों के आयतनों को नापो। क्या सभी में एक ही अनुपात में आयतन आते है या नहीं? प्राप्त आंकड़ों के कारण सोचो।

   अ. कार्बन इलेक्ट्रोड

   ब. स्टेनलेस स्टील की चम्मच के इलेक्ट्रोड

स प्लेटीनम ब्लैक के इलैक्ट्रोड

द. प्लेटीनम धातु के इलैक्ट्रोड

य निकल या जिंक धातु के इलैक्ट्रोड

3. विभिन्न धातु की मात्रा में अम्लों की तुलना तथा समय में रेखाचित्र द्वारा सम्बन्ध ज्ञात करने तथा मालूम करो कि एक ग्राम जिंक पांच मिनट में सम्पूर्ण क्रिया करने में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्या तनुता होगी ?

4. समान मात्रा की गर्म क्यूप्रिक तथा क्यूप्रस ऑक्साइड पर 10 मिनट तक हाइड्रोजन प्रवाहित करने से कितने ग्राम कॉपर प्राप्त होगा ?

5. कैवेण्डिश की जीवनी संकलित कर नोटिस बोर्ड पर लगाओ।

6. थोड़ा सा साबुन का घोल तैयार करो। उसमें 10 बूंदे ग्लिसरीन मिला दो। हाइड्रोजन उपकरण की निकास नली उसमें डुबो कर गैस के गुब्बारे बनाओ। जब यह उठने लगे तब उसमें जलती हुई तीली लगाओ और देखो क्या होता है।

7. एक साधारण तंग मुंह की बोतल में एक छिद्र की कॉर्क लगाओ। उसमें कांच की लम्बी जेट लगाओ। जेट तथा कॉर्क को एक परखनली में लगाओ जिसके पैंदे में छोटा सा छिद्र हो। बोतल में तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालो और परखनली में जिंक के कुछ टुकड़े डालकर उसको वायुरोधी बनाओ। दो मिनिट पश्चात् जेट को माचिस से जलाओ। हाइड्रोजन ज्वाला तैयार हो जायेगी।

अभ्यास प्रश्न

1. मैगनीशियम हाइड्रोजन को विस्थापित करता है

(1) गर्म जल से।

(2) जलवाष्प से।

(3) अधिक तनु सल्फ्यूरिक अम्ल से।

(4) अधिक तनु नाइट्रिक अम्ल से।

(5) कॉस्टिक सोडा विलयन से।

इन में कौनसी विकल्पनाएं सत्य है ?

(अ) पांचो।

(ब) 2, 3. 4 व 5।

(स) 1, 2, 3, व 4।

(द) पांच में से तीन।

(ई) 2, 3 व 4। ( )

2—निम्न में से कौनसा हाइड्रोजन का उपयोग नहीं है :

(अ) यह ईंधन गैसों में होती है।

(ब) इस्पात बनाने में।

(स) तेल व वसा को कठोर करने में।

(द) हेबर विधि से वायु की नाइट्रोजन के यौगिकीकरण में।

(ई) ऑक्सी-हाइड्रोजन ज्वाला में। ( )

3—अधिकतर ऑक्सीकारक पदार्थ

(1) पोटैशियम आयोडाइड को आयोडीन में ऑक्सीकरण करते हैं।

(2) हाइड्रोजन सल्फाइड को सल्फर में ऑक्सीकरण करते हैं।

(3) Fe^{2+} आयन को Fe^{3+} आयन में ऑक्सीकरण करते हैं।

(4) सल्फ्यूरस अम्ल को सल्फ्यूरिक अम्ल में परिवर्तित करते हैं।

इनमें से कौनसी विज्ञप्तियाँ सत्य हैं :

(अ) चारों। (ब) चार में से तीन।

(स) केवल 1 व 2। (द) केवल 2 व 4।

(इ) केवल 3। ( )

4—अपचायकों का परीक्षण करने पर

(1) अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट रंगहीन हो जाता है।

(2) अम्लीय पोटैशियम डाइक्रोमेट विलयन अपचयित होकर हरा विलयन देता है।

(3) Fe^{2+} आयन का विलयन अपचयित होकर Fe^{3+} आयन देता है।

(4) सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अपचयित होकर क्लोरीन देता है।

इन में से कौनसी विज्ञप्तियाँ सत्य हैं

(अ) चारों। (ब) चार में से दो।

(स) केवल 1 व 2। (द) केवल 1, 2 व 3।

(इ) कोई और सदोष। ( )

5—निम्नलिखित अभिक्रियाओं में से किस में हाइड्रोजन परऑक्साइड एक अपचायक का कार्य कर रही है :

(अ) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

(ब) $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$

(स) $PbO_2 + 2HNO_3 + H_2O_2 = Pb(NO_3)_2 + 2H_2O + O_2$

(द) $2I^- + 2H^+ + H_2O_2 = I_2 + 2H_2O$

(इ) उपर्युक्त किसी भी क्रिया में नहीं। ( )

6—निम्नलिखित समीकरणों में बताया है कि ऑक्सीकारक पदार्थ इलेक्ट्रॉन लेते हैं। इनमें से कौनसा समीकरण असत्य है ?

(अ) $Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$

(ब) $2HNO_3 + e^- = NO_2 + NO_3^- + H_2O$

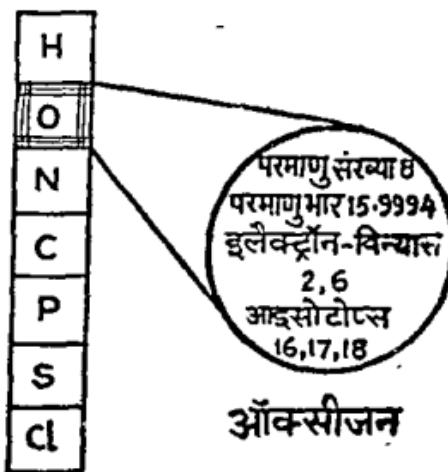
(स) $2H_2SO_4 + 2e^- = SO_2 + SO_4^{2-} + 2H_2O$

(द) $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$

(इ) $SO_2 + 2H_2O + 2e^- = SO_4^{2-} + 2H_2$ ( )

[उत्तर : 1—(स) 2—(ब) 3—(अ) 4—(द)
5—(स) 6—(इ)]

इकाई **12**

ऑक्सीजन

12.1 विज्ञान की खोज में अंग्रेज पादरी का चमत्कार

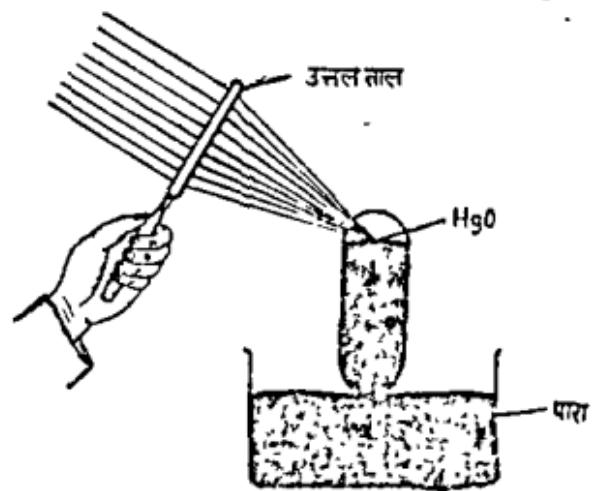
एक अंग्रेज पादरी जोसेफ प्रीस्टले (Joseph Priestley) ने 1 अगस्त, 1774 -रविवार के दिन एक प्रयोग किया। इसमे उसने मरक्यूरिक ऑक्साइड का लाल पाउडर बैल जार (Bell Jar) मे लेकर इस प्रकार गर्म किया कि जो गैस निकले वह एक बोतल मे एकत्र हो जाये। गर्म करने के लिए उसने एक बडे (30 सेमी. व्यास) उन्नतोदर ताल (Burning Lens) का प्रयोग किया जिससे सूर्य की किरणो को केन्द्रीभूत (Focus) करके उस पाउडर को गर्म किया जा सके (चित्र 12.1)। आगे का वर्णन प्रीस्टले के ही शब्दो मे—

"1 अगस्त, 1774 को मैंने मरक्यूरियस कैल्सीनेटस (Mercurius Calcinatus) से वायु निकालने का प्रयत्न किया और मैंने पाया कि उसमें से वायु बड़ी सुगमता से निकलने लगी। अपने पदार्थों की तीन अथवा चार गुनी वायु पा लेने के बाद मैंने उसमे जल डाला और पाया कि वह उसे नही सोख पाया। परन्तु मुझे जिस बात से अधिक अचरज हुआ वह यह कि एक मोमबत्ती इस वायु मे विलक्षण देदीप्यमान ज्वाला से जली!" आगे चलकर उन्होंने कहा :

"मैंने एक चूहा लिया और उसे कांच के बर्तन में रखी इस वायु में रखा जो कि मरकरी के लाल पाउडर से प्राप्त की थी। यदि यह साधारण वायु होती तो इस प्रकार का बड़ा चूहा लगभग एक चौथाई घण्टा इसमें जीवित रहता। परन्तु इस वायु में मेरा चूहा पूरे आधा घण्टा जीवित रहा।"

लगभग 1771 और 1773 के बीच शीले (Scheele) ने भी इसी प्रकार की वायु का निर्माण किया था और इस गैस का नाम "दाह वायु" (Fire Air) एवं "प्राण वायु" (Vital Air) रखा। प्रीस्टले ने भी स्वतन्त्र रूप से इसका निर्माण किया था और इसका नाम "डीफ्लोजिस्टिकेटेड एयर" (Dephlogisticated Air) रखा। प्रीस्टले और शीले दोनों ही अपनी इस खोज की महत्ता को न जान पाये क्योंकि दोनों ही "फ्लोजिस्टन सिद्धान्त" में गूढ़ आस्था रखते थे। लेवोज़िये ने दहन क्रिया, सांस लेने की क्रिया और धातुओं की भस्म बनने की क्रिया में समानता बताते हुए

चित्र 12.1—HgO से ऑक्सीजन बनाना

बताया कि शीले और प्रीस्टले की "वायु" एक तत्त्व था जिसका नाम उसने "ऑक्सीजन" रखा (ग्रीक शब्द Oxus = खट्टा; gennao = बनाने वाला, क्योंकि ऑक्सीजन से क्रिया करके कार्बन, सल्फर और अन्य पदार्थ (अधातु) जो पदार्थ बनाते हैं वह पानी में मिल कर अम्ल बनाते हैं जिनका स्वाद खट्टा होता है)। और इस प्रकार एक ऐसे रहस्य का उद्घाटन हुआ जिसने वैज्ञानिकों को अनेक शताब्दियों से चक्कर में डाल रखा था।

जोसेफ प्रीस्टले

(1733–1804—ब्रिटिश)

अधिक संघर्षपूर्ण एवं सक्रिय जीवन के परिणामस्वरूप प्रीस्टले को अमरीका में प्रवास हेतु बाध्य किया गया। उनके मित्रों में अमरीकी राष्ट्रपति जेफरसन, वाशिंगटन एवं फ्रेंकलिन थे। पेन्सिलवानिया में रहते हुए भी प्रीस्टले ने अपना शोध कार्य जारी रखा। उनको कार्बन-मोनोक्साइड गैस के आविष्कारक के रूप में सम्मानित किया जाता है। अमेरिकन केमिकल सोसायटी द्वारा प्रदान किया उच्चतम सम्मान "प्रीस्टले पदक" कहलाता है।

यह कहना अतिशयोक्ति न होगी कि ऑक्सीजन की खोज रसायन इतिहास में एक क्रांतिकारी प्रगति के लिए उत्तरदायी है क्योंकि अठारहवीं शताब्दी के अन्त तक वायु को एक तत्व माना जाता था जो तत्पश्चात् एक मिश्रण ज्ञात हुआ। इस मिश्रण का सक्रिय अंग ऑक्सीजन है।

एक डी सुल्जबाख (1489), बोर्च (1678), हेल्स (1727) एवं बायेन (1774) ने भी विभिन्न क्रियाओं से ऑक्सीजन प्राप्त की थी। परन्तु साधारणतः इन क्रियाओं को खोज नहीं कहा जाता क्योंकि किसी ने भी प्राप्त गैस के गुण जानने का प्रयास नहीं किया।

12.2 पृथ्वी का आधा भाग ऑक्सीजन है

कितने आश्चर्य की बात है कि यह तत्व जो हमारे चारों ओर रहता है और जिसके बिना जीवन असम्भव है, लगभग 200 साल पहले ही शुद्ध अवस्था में प्राप्त हुआ था। आश्चर्य तो यों और अधिक है कि यह तत्व अकेला ही पृथ्वी के सारे तत्वों के बराबर होता है (चित्र 12.2)।

चित्र 12.2—प्रकृति में ऑक्सीजन की मात्रा

वायु में लगभग 1/4 भार मुक्त ऑक्सीजन का है। संयुक्त अवस्था में जल में लगभग 89 प्रतिशत ऑक्सीजन है। चाक, चूना-पत्थर अथवा संगमरमर के रूप में कैल्सियम कार्बोनेट ($CaCO_3$), रेत और क्वार्टज के रूप में सिलीकन डाइऑक्साइड (SiO_2), आदि ऑक्सीजन के प्रमुख रूप हैं। जिप्सम ($CaSO_4 . 2H_2O$), सोडियम नाइट्रेट ($NaNO_3$), कैल्सियम फॉस्फेट, अनेक सिलीकेट, आदि खनिजों में ऑक्सीजन उपस्थित है।

ऑक्सीजन के जीव पदार्थों में स्टार्च, तेल व वसा; प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट (शक्कर, सैलूलोज), विटामिन, हारमोन, आदि अनेक ऐसे पदार्थ हैं जो जीवों तथा वानस्पतिक वर्गों में मुख्यतः पाये जाते हैं।

12.3 ऑक्सीजन को प्रयोगशाला में कैसे प्राप्त करें

(1) यदि पोटैशियम क्लोरेट ($KClO_3$) को गर्म किया जाय तो वह 340° से. पर द्रवित होता है। लगभग 350° सें. पर यह द्रव उबलता सा प्रतीत होता है क्योंकि उसमें से

उपकरण लगाओ। निकास नली को मधुकोष शैल्फ में डालो और जल से भरे कुछ गैस जार भर कर रख लो। परखनली को धीरे-धीरे गर्म करो। तुम देखोगे कि द्रोणिका के जल में बुलबुले निकलने लगते हैं। अब जल से भरे गैस जार मधुकोष शैल्फ पर उलट कर रख दो और इस प्रकार जल के हटाव से गैस के कई जार एकत्र कर लो।

12.4 प्रयोगशाला में बनी ऑक्सीजन की शुद्धि करना

ऊपर दिये उपकरण से बनी ऑक्सीजन में कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) और क्लोरीन (Cl_2) की अशुद्धियां होना सम्भव है। ये अशुद्धियां कहां से आईं ? मैंगनीज डाइऑक्साइड शुद्ध न होने पर उसमें कार्बन की अशुद्धि होती है जो ऑक्सीजन से मिलकर कार्बन डाइऑक्साइड में परिणित हो जाती है कुछ पोटैशियम क्लोरेट मैंगनीज डाइऑक्साइड से अपचयित होकर क्लोरीन गैस बनाता है। इन अशुद्धियों को हटाने के लिए यदि गैस को सोडा-लाइम (सोडियम हाइड्रोक्साइड और बुझे हुए चूने का मिश्रण) भरे एक U-ट्यूब में प्रवाहित किया जाये तो कार्बन डाइऑक्साइड और क्लोरीन दोनों ही शोषित हो जायेंगी और फिर गैस को पारे के हटाव से शुद्ध अवस्था में एकत्र कर सकते हैं।

प्रयोग की आवश्यक सावधानियां

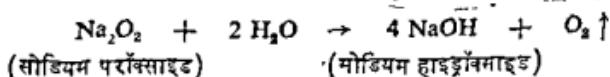
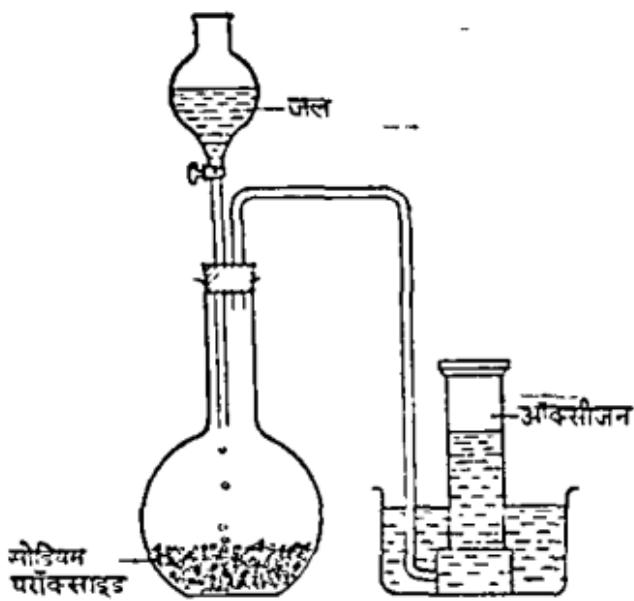
(1) मैंगनीज डाइऑक्साइड शुद्ध होनी चाहिए। साधारण नमूने में कुछ कार्बन की अशुद्धि होती है जो इस क्रिया में विस्फोट कर सकता है। यदि ऐसा हो तो प्रयोग करने से पहले एक परखनली में थोड़ा पोटैशियम क्लोरेट और मैंगनीज डाइऑक्साइड मिलकर गर्म करके देख लें।

(2) परखनली को उसके मुख की ओर थोड़ा झुकाकर लगाना चाहिए क्योंकि गर्म करते समय कुछ नमी जलवाष्प में बदलती है और परखनली के ठंडे स्थानों पर बूंदों के रूप में एकत्र हो जाती है और फिर वह गर्म परखनली पर जाती है। ऐसा होने से परखनली के टूटने का डर रहता है।

(3) परखनली के नीचे बर्नर हटाने से पहले निकास नली को द्रोणिका से बाहर निकाल देना चाहिए अन्यथा बर्नर हटाने पर परखनली ठंडी होकर बाहर से वायु अन्दर खींचेगी और उसके साथ जल अन्दर आकर गर्म परखनली को तोड़ देगा।

(4) प्रयोगशाला में ऑक्सीजन सोडियम परॉक्साइड से भी प्राप्त कर सकते हैं। सोडियम परॉक्साइड ठंडे पानी से क्रिया करके ऑक्सीजन देता है।

$$Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 4NaOH + O_2\uparrow$$

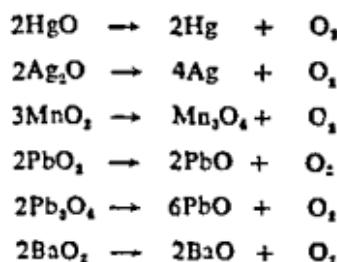
(सोडियम परॉक्साइड) (सोडियम हाइड्रॉक्साइड)

प्रयोग—चित्र 12.4 के अनुसार एक उपकरण लगाओ। चपटी पेंदी के फ्लास्क में दो छेद वाला कॉर्क लगाकर एक से निकास नली लगाओ और दूसरे से बिन्दुपाती कीप जिससे जल गिराया जा सके। निकास नली मधुकोष शैल्फ में होकर एक द्रोणिका के जल में डूबी रहे। कीप से पानी गिराते ही ऑक्सीजन गैस बनने लगती है जिसे जल से भरे गैस जार में जल के हटाव से भर लो।

चित्र 12.4—सोडियम परॉक्साइड से ऑक्सीजन प्राप्त करना

ऑक्सीजन बनाने के लिए व्यापारिक सोडियम परॉक्साइड, ऑक्सिलिथ' (Oxylith) के नाम से मिलता है। इसमे 98·32% सोडियम परॉक्साइड, 1% आयरन ऑक्साइड तथा 0·68% कॉपर सल्फेट होता है। इसी प्रकार 'ओक्सोन' (Oxone) नाम का पदार्थ मिलता है जिसमे अल्प मात्रा मे कोलॉइडली मैंगनीज डाइऑक्साइड होता है जो सोडियम परॉक्साइड से ऑक्सीजन निकालने मे उत्प्रेरक का कार्य करता है।

12.5 अन्य क्रियाओ से भी ऑक्सीजन प्राप्त की जा सकती है

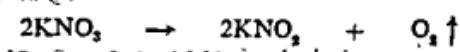
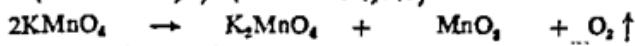
1. धातुओ के ऑक्साइड को गर्म करके

प्रत्येक धातु का ऑक्साइड गर्म करने पर ऑक्सीजन नही देता। परन्तु मरकरी, सोना और चादी के ऑक्साइड और कुछ धातुओ के उच्च ऑक्साइड—जैसे मैंगनीज, लैड, बेरियम, आदि—गर्म करने पर ऑक्सीजन निकालते हैं

$$2HgO \rightarrow 2Hg + O_2$$
$$2Ag_2O \rightarrow 4Ag + O_2$$
$$3MnO_2 \rightarrow Mn_3O_4 + O_2$$
$$2PbO_2 \rightarrow 2PbO + O_2$$
$$2Pb_3O_4 \rightarrow 6PbO + O_2$$
$$2BaO_2 \rightarrow 2BaO + O_2$$

प्रयोग—एक परखनली में सीसे का लाल ऑक्साइड (Pb_3O_4) लो। परखनली में छोटी सी निकास नली लगा हुआ कॉर्क लगाओ (चित्र 12.5)। परखनली को धीरे-धीरे गर्म करो। परखनली में क्या परिवर्तन हुआ? निकास नली के पास एक जलती हुई तीली लाओ। देखो तीली की ज्वाला में क्या होता है? यही प्रयोग उपर्युक्त ऑक्साइडों से जो भी उपलब्ध हों करो और प्रत्येक बार तीली की ज्वाला का परीक्षण करो। हर पदार्थ से ऑक्सीजन गैस प्राप्त होती है।

चित्र 12.5—Pb_3O_4 से निकली ऑक्सीजन का परीक्षण

2. ऑक्सी-अम्ल के लवणों को गर्म करके

कुछ ऑक्सी-अम्ल के लवण गर्म करने पर ऑक्सीजन देते हैं। ये लवण हैं—क्लोरेट, नाइट्रेट, परमैंगनेट। इनमें से पोटैशियम क्लोरेट को गर्म करके प्रयोगशाला विधि से तुम परिचित हो। अब देखें पोटैशियम नाइट्रेट और पोटैशियम परमैंगनेट किस प्रकार ऑक्सीजन देते हैं:

$$2KNO_3 \rightarrow 2KNO_2 + O_2 \uparrow$$
(पोटैशियम नाइट्रेट) (पोटैशियम नाइट्राइट)

$$2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2 \uparrow$$
(पोटैशियम परमैंगनेट) (पोटैशियम मैंगनेट) (मैंगनीज डाइऑक्साइड)

प्रयोग—चित्र 12.5 के अनुसार उपकरण लगाओ और परखनली में पोटैशियम नाइट्रेट गर्म करो और जिस प्रकार पिछले प्रयोग में ऑक्सीजन का परीक्षण किया था उसी प्रकार जलती हुई तीली से यहां भी परीक्षण करो। क्या यहां पर वही देखते हो कि ज्वाला और तीव्र हो जाती है?

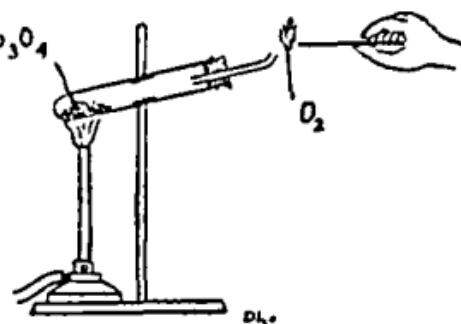
3. जल के विद्युत अपघटन से

तुमने पिछले अध्याय में पढ़ा है कि यदि अम्ल मिले जल में विद्युत धारा प्रवाहित करें तो जल विघटित होकर कैथोड पर हाइड्रोजन और ऐनोड पर ऑक्सीजन देता है। इस विधि से हाइड्रोजन के साथ-साथ ऑक्सीजन भी प्राप्त हो जाती है:

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

औद्योगिक रूप से ऑक्सीजन वायु से प्राप्त की जाती है। अधिक दाब देकर वायु को द्रव में बदलते हैं और फिर इस द्रव का आंशिक आसवन (Fractional Distillation) करके ऑक्सीजन प्राप्त कर लेते हैं। इस द्रव ऑक्सीजन को सिलिण्डरों में अत्यधिक दाब पर भर देते हैं। तुमने ऐसे ही सिलिण्डर वैल्डन (Welding) करने वाली दूकान व फैक्टरी में देखे होंगे। आक्सी-एसिटिलीन ज्वाला की टॉर्च इस कार्य में प्रयोग की जाती है।

12.6 ऑक्सीजन के भौतिक गुण

1. ऑक्सीजन साधारण ताप पर एक रंगहीन, गंधहीन व स्वादहीन गैस है।

2. वायु से थोड़ा भारी होती है क्योंकि इसका घनत्व वायु की तुलना मे 1·43 ग्राम प्रति लीटर है।
3. जल में कुछ विलय करती है। 0° सें. पर 100 आयतन जल में लगभग 5 आयतन ऑक्सीजन विलेय होती है तथा 20° सें. पर 3 आयतन विलय होती है। जल में रहने वाली मछलियाँ, आदि इसी विलेय ऑक्सीजन पर निर्भर रहती हैं।
4. अत्यधिक दाब देकर ऑक्सीजन को हल्के नीले द्रव (आपेक्षिक घनत्व 1·13) में बदला जा सकता है। इस द्रव का क्वथनांक $-180°$ सें. होता है। अधिक ठण्डा करने पर इसे ठोस (गलनाक -218.8 सें.) बना सकते हैं जो सफेदी लिये हल्के नीले रंग का होता है। द्रव की ऑक्सीजन चुम्बक से आकर्षित हो जाती है।

12.7 ऑक्सीजन के रासायनिक गुण

1. लिटमस पर प्रभाव

आक्सीजन के गैस जार मे एक गीला नीला लिटमस डालो। देखो क्या होता है? इसके बाद उसी जार में गीला लाल लिटमस डालो और वही परीक्षण करो। तुम देखोगे कि दोनो प्रकार के लिटमस पर गैस का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि लिटमस के प्रति गैस उदासीन है।

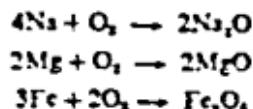
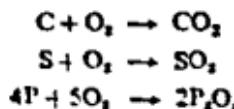
2. ऑक्सीजन अज्वलनशील गैस है पर जलने में सहायक है

तुमने प्रीस्टले का प्रयोग पढ़ा है और ऑक्सीजन के बनाने की विधियो में भी कुछ प्रयोग किये हैं जहाँ पर बनी हुई ऑक्सीजन का परीक्षण किया था। प्रत्येक परीक्षण मे तुमने देखा कि यदि जलती हुई तीली जार के अन्दर ले जाते हैं या उसे निकास नली के मुँह के पास लाते हैं तो गैस की उपस्थिति मे वह अत्यधिक तीव्रता से और प्रकाश के साथ जलने लगती है।

प्रयोग—चित्र 12.6 के अनुसार कुछ और पदार्थों का ऐसे ही अध्ययन करें। एक दहन चम्मच मे सुलगता हुआ कोयला रखो और उसे ऑक्सीजन के जार मे ले जाओ। क्या कोयला और तेजी से जलता है? क्या ऑक्सीजन जलती है? इसी प्रकार के परीक्षण जलती हुई तीली, गंधक, फास्फोरस, सोडियम, मैगनीशियम का तार और लोहे की रूई (Steel Wool) भी जार में डाल कर प्रत्येक बार देखो कि जार में क्या होता है? तुम पाओगे कि प्रत्येक पदार्थ अत्यधिक तीव्रता से जलने लगता है और इस क्रिया मे इतनी उष्मा उत्पन्न होती है कि प्रकाश भी निकलने लगता है। इससे हम यह कह सकते है कि ऑक्सीजन स्वयं ज्वलनशील न होते हुए, दहन मे सहायता करती है।

प्रत्येक प्रयोग मे पदार्थ ऑक्सीजन से मिलकर ऑक्साइड बनाते हैं जो गैस जार मे एकत्र हो जाते है और जिनके विभिन्न परीक्षण किये जा सकते हैं। यह क्रियाएँ इस प्रकार दिखा सकते है :

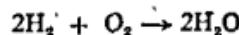
$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \qquad 4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O$$
$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \qquad 2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$
$$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 \qquad 3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$$

चित्र 12.6—ऑक्सीजन में पदार्थों का दहन

3. ऑक्सीजन की अन्य पदार्थों के साथ क्रिया

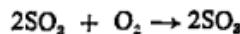
उपर्युक्त क्रियाओं के अतिरिक्त ऑक्सीजन की और भी मुख्य क्रियाएं हैं, जैसे—

(अ) हाइड्रोजन से :

पिछले अध्याय में तुमने पढ़ा है कि हाइड्रोजन को वायु अथवा ऑक्सीजन में जलाने से जल बनता है।

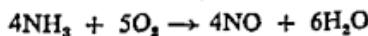
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

(ब) सल्फर डाइऑक्साइड से

उत्प्रेरक की उपस्थिति में सल्फर ट्राइऑक्साइड बनाती है।

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

इस क्रिया को सल्फ्यूरिक अम्ल के औद्योगिक उत्पादन में वैनेडियम पैण्टॉक्साइड उत्प्रेरक की उपस्थिति में काम में लाते हैं।

(स) अमोनिया से

प्लैटीनम (उत्प्रेरक) की उपस्थिति में 800° से. पर अमोनिया नाइट्रिक ऑक्साइड में परिणित हो जाती है।

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$

इस विधि का प्रयोग नाइट्रिक अम्ल के औद्योगिक उत्पादन में करते हैं।

12.8 ऑक्सीजन के उपयोग तथा दैनिक जीवन में आवश्यकता

1. ऑक्सीजन के बिना जीना सम्भव नहीं है

कुछ निम्न वर्ग के जीव-जन्तुओं को छोड़ कर प्रत्येक जीवधारी को ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। मनुष्य के श्वास से ऑक्सीजन फेफड़ों में रक्त में शोषित होकर शरीर के प्रत्येक भाग में जाती है। इस प्रकार यह प्रत्येक सैल में ऑक्सीकरण क्रिया करके जो ऊष्मा निकालती है उसी से शरीर का ताप स्थिर रहता है। इस क्रिया के बन्द होते ही प्राण निकल जाते हैं। मछलियां और जल-जीव, पानी की विलेय ऑक्सीजन का प्रयोग करते हैं। वायुयान चालक, पर्वतारोही, समुद्री गोताखोर, खदानों में काम करने वाले तथा अस्पताल में रोगियों को कृत्रिम श्वास के लिए ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है।

2. दैनिक जीवन में ऑक्सीजन

वस्तुओं के जलने में ऑक्सीजन की आवश्यकता है। ईंधन (जैसे कोयला, लकड़ी, तेल, पैट्रोल, डीजल, आदि) के जलने से ऊष्मा उत्पन्न कराके यान्त्रिक, वैद्युतिक तथा अन्य ऊर्जाएं बना कर अनेकों उद्योग चलते हैं।

3. वैल्डन (Welding) में ऑक्सीजन-एसिटिलीन तथा ऑक्सी-हाइड्रोजन ज्वाला का प्रयोग वैल्डन तथा लोहे के काटने में किया जाता है।

4. रासायनिक उद्योगों में अम्ल, आदि बनाने के काम में ऑक्सीजन एक ऑक्सीकारक के रूप में प्रयोग करते हैं।

5. शुद्ध द्रव ऑक्सीजन का आधुनिक प्रयोग राकेट ईंधन में बहुत होता है।

6. फ्लैश-बल्ब में मैग्नीशियम का पतला तार अथवा एल्यूमिनियम का पतला पत्र होता है और ऑक्सीजन गैस भरी होती है। जिस समय कैमरे का बटन दबाते हैं तो बल्ब से विद्युत प्रवाह होती है और मैग्नीशियम अथवा एल्यूमिनियम गर्म होता है। इस अवस्था मे ऑक्सीजन से क्रिया होकर मैग्नीशियम अथवा एल्यूमिनियम ऑक्साइड बनकर चौंधिया देने वाला प्रकाश देते है जिससे कैमरा काम कर जाता है।

ऑक्सीकरण तथा दहन
(Oxidation and Combustion)

किसी पदार्थ—तत्त्व अथवा यौगिक—का ऑक्सीजन से संयोग कर के नये पदार्थ बनाना ऑक्सीकरण कहलाता है जिसका विस्तृत अध्ययन तुम कर चुके हो। कोयले, लकड़ी, तेल, कागज, आदि का वायु मे जलना भी ऑक्सीकरण ही होता है। परन्तु इससे ऊष्मा और प्रकाश मिलता है।

12 9 दहन (Combustion) वह रासायनिक क्रिया है जिसमें किसी पदार्थ का ऑक्सीकरण होकर ऊष्मा और प्रकाश उत्पन्न हों।

दहन क्रिया को दो वर्गों में रखा जा सकता है—

1 स्वतः दहन

यह तीव्र ऑक्सीकरण क्रिया है जिसके कुछ उदाहरण ऊपर दिये हैं। इसके अतिरिक्त कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं—

श्वेत फास्फोरस का एक छोटा टुकड़ा चिमटी से पकड़कर वायु मे थोड़ी देर रखो। तुम देखोगे कि कुछ समय पश्चात् वह स्वयं जलने लगता है। ऐसा क्यों हुआ ? तुम कोई चिनगारी अथवा ज्वाला उसके पास नही लाये थे।

इस प्रकार तुमने सुना होगा कि भूसे, सूखी घास एवं पत्तियों के ढेर में अपने आप लग जाती है। कोयले के चूर्ण और तेल से भीगे चीथड़ों में भी इसी प्रकार के प्रकरण सुने होंगे। यह कैसे और क्यों होता है ? देखो, इन सब पदार्थों का वायु की ऑक्सीजन से स्वतः ऑक्सीकरण होता रहता है, इस क्रिया से ऊष्मा उत्पन्न होती हैं और यह पदार्थ ऊष्मा के कुचालक होने के कारण इस ऊष्मा को बाहर नही जाने देते और एक अवस्था आ जाती है जब वह स्वयं जलने लगते हैं। यही कारण है कि ऐसे पदार्थों को किसी बन्द कमरे मे नही रखते और कोयले के भण्डारों मे जब तब जल डाल कर कोयले को गीला रखते हैं।

उपर्युक्त वर्णन से एक और तथ्य सामने आता है। वह यह कि प्रत्येक वस्तु के दहन के लिए एक निश्चित तापक्रम की आवश्यकता होती है जिसके बिना उस वस्तु का दहन नही हो सकता। इस तापक्रम तक जब वह वस्तु नही पहुंच जाती, दहन होना असम्भव है। यह तापक्रम, जिस पर कोई पदार्थ प्रज्ज्वलित होकर जलता ही रहता है, उस पदार्थ का प्रज्ज्वलन तापक्रम (Kindling Temperature) कहलाता है। सुगमता से जलने वाले पदार्थों का प्रज्ज्वलन तापक्रम कम होता है और कठिनता से जलने वालो का प्रज्ज्वलन तापक्रम अधिक होता है।

एक ही पदार्थ का प्रज्ज्वलन तापक्रम विभिन्न अवस्थाओं मे भिन्न होता है। जैसे लोहे की छड़ सुगमता से नही जल सकती परन्तु लोह चूर्ण, जिसके कण छोटे होते हैं, सुगमता से प्रज्ज्वलित

किये जा सकते हैं। यही कारण है कि आटे की मिलों, स्टार्च की फैक्ट्रियों, अनाज के गोदामों व कोयले की खानों में इन्ही कारणो से विस्फोट होते हैं। प्रज्वलन भी दहन क्रिया का एक रूप है।

2. मंद ऑक्सीकरण (Slow Oxidation)

लोहे में जंग (Rust) लगना एक मंद ऑक्सीकरण क्रिया है। इसी प्रकार लकड़ी का सड़ना भी इसी वर्ग की एक क्रिया है। ऐसी क्रियाओ में प्रकाश उत्पन्न नही होता और जो ऊष्मा उत्पन्न होती है उसे साधारण उपकरणो से मापा भी नहीं जा सकता। परन्तु यह सिद्ध किया जा चुका है कि मंद ऑक्सीकरण मे भी ऊष्मा उत्पन्न होती है। जुगनू का प्रकाश भी इसी तथ्य का प्रमाण है। इसमे कुछ जटिल पदार्थों का मंद ऑक्सीकरण होने से प्रकाश मिलता है।

हमारे श्वास लेने से जो ऑक्सीजन रक्त से मिलकर ऑक्सीकरण क्रिया से ऊष्मा उत्पन्न करती है उससे हमारे शरीर का ताप स्थिर बना रहता है।

ऑक्साइड
(Oxides)

12.10 ऑक्साइड क्या है?

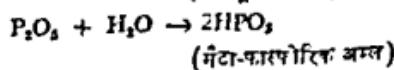
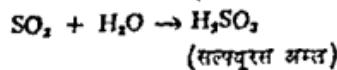
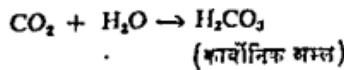
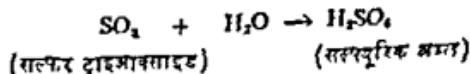
ऑक्सीजन की क्रियाओं का अध्ययन करते समय तुमने देखा है कि कार्बन (कोयला) जलकर कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), गधक जलकर सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2), मैग्नीशियम जलकर मैग्नीशियम ऑक्साइड बनाता है। बने हुए प्रत्येक पदार्थ में एक तत्त्व के साथ ऑक्सीजन है।

तत्त्व एवं ऑक्सीजन के संयोग से जो यौगिक बनता है उसे ऑक्साइड कहते हैं।

12.11 ऑक्साइडों का वर्गीकरण कर सकते हैं

ऑक्साइडों के गुणों के आधार पर इनका वर्गीकरण किया जा सकता है। ये वर्ग इस प्रकार हैं:

1. अम्ल ऑक्साइड (Acidic Oxides)

कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड, फास्फोरस पैण्टॉक्साइड, आदि पदार्थ तुमने ऑक्सीजन की क्रियाओं का अध्ययन करते समय बनाये थे। यदि उस समय गैस जार मे गीला नीला लिटमस डाल कर देखें तो पायेंगे कि वह लाल हो जाता है जिससे सिद्ध होता है कि यह ऑक्साइड अम्लीय हैं। ऐसा इस कारण हुआ कि यह पदार्थ जल से मिल कर अम्ल में परिवर्तित हो गये जिसका प्रभाव नीले लिटमस पर पडा।

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$
(कार्बोनिक अम्ल)

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$
(सल्फ्यूरस अम्ल)

$$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HPO_3$$
(मैटा-फास्फोरिक अम्ल)

इसी प्रकार

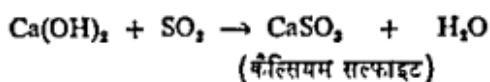
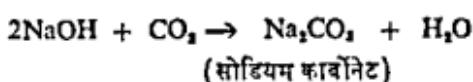
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$
(सल्फर ट्राइऑक्साइड) (सल्फ्यूरिक अम्ल)

इसके अतिरिक्त अम्लीय आक्साइड क्षारक से क्रिया करके लवण बनाते हैं।

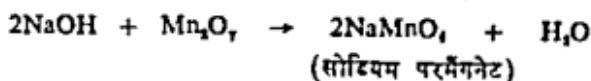
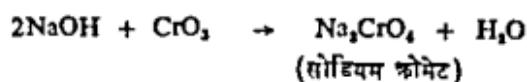
$$2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

(सोडियम कार्बोनेट)

$$Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$$

(कैल्सियम सल्फाइट)

जो ऑक्साइड क्षारक (Base) से क्रिया करके लवण और जल बनाते हैं वह अम्ल ऑक्साइड कहलाते हैं।

जो ऑक्साइड जल से क्रिया करके अम्ल देते हैं उन्हें अम्ल एनहाइड्राइड (Acid Anhydride) भी कहते हैं, जैसे कार्बन डाइऑक्साइड (कार्बोनिक एनहाइड्राइड), सल्फर डाइऑक्साइड (सल्फ्यूरस एनहाइड्राइड) सल्फर ट्राइऑक्साइड (सल्फ्यूरिक एनहाइड्राइड), (फास्फोरस पैण्टॉक्साइड), (फास्फोरिक एनहाइड्राइड) आदि। (देखो ऊपर लिखे समीकरण जिसमें ऑक्साइड पानी से क्रिया करके अम्ल बनाती है।)

ऊपर बताई क्रियाओ से हमने देखा कि अम्ल ऑक्साइड अधातुओ से प्राप्त होती हैं। पर यह आवश्यक नही है। कुछ धातुओ के ऑक्साइड अम्लीय होते हैं। जैसे—क्रोमिक एनहाइड्राइड (CrO_3) और परमैंगनेट एनहाइड्राइड (Mn_2O_7) क्योंकि यह ऑक्साइड क्षार से मिलकर लवण और जल बनाते हैं।

$$2NaOH + CrO_3 \rightarrow Na_2CrO_4 + H_2O$$

(सोडियम क्रोमेट)

$$2NaOH + Mn_2O_7 \rightarrow 2NaMnO_4 + H_2O$$

(सोडियम परमैंगनेट)

2. क्षारकीय ऑक्साइड (Basic Oxides)

तुमने ऑक्सीजन गैस का परीक्षण करते समय यह देखा कि सोडियम ऑक्सीजन गैस के जार मे जलता रहता है। यदि उस जार मे जल डाल कर लाल लिटमस अथवा फिनोल्फथैलीन से रग देखें तो पायेंगे कि लिटमस नीला हो जाता है और फिनोल्फथैलीन गुलाबी। इससे यह सिद्ध हुआ कि सोडियम का ऑक्साइड जल में विलेय होकर क्षार बनाता है।

$$4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O$$

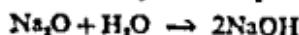
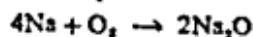
$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$$

प्रयोग—एक परखनली मे बिना बुझा चूना (CaO) लो और कुछ बूंद जल डालो। फिर दो बूंद फिनोल्फथैलीन डालो। परखनली मे रग बन गया। यही प्रयोग बेरियम ऑक्साइड (BaO) से भी दोहराओ। इन क्रियाओ को सोडियम ऑक्साइड से क्रिया के आधार पर इस प्रकार बता सकते हैं—

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

(कैल्सियम ऑक्साइड) (कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड)

$$BaO + H_2O \rightarrow Ba(OH)_2$$

(बेरियम ऑक्साइड) (बेरियम हाइड्रॉक्साइड)

इस प्रकार यह ऑक्साइड जल से मिलकर हाइड्रॉक्साइड बनाते हैं।

प्रयोग—ऊपर का प्रयोग कॉपर ऑक्साइड (CuO) और फैरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3) से भी करो। क्या फिनोल्फथैलीन से कोई रंग आता है ? तुम पाओगे कि यह ऑक्साइड जल से क्रिया नही करते और इसी कारण फिनोल्फथैलीन से कोई रंग नहीं मिलता।

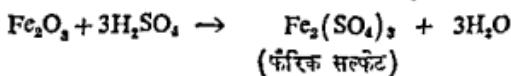
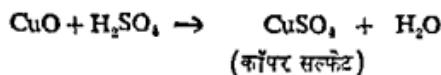
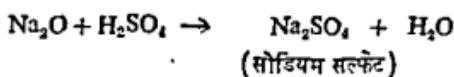
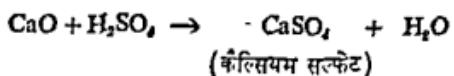
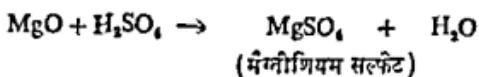
प्रयोग—अब एक प्याली में अलग-अलग मैगनीशियम ऑक्साइड (MgO), कैल्सियम ऑक्साइड (CaO), सोडियम ऑक्साइड (Na_2O), कॉपर ऑक्साइड (CuO) तथा फैरिक ऑक्साइड (Fe_2O_3) लो और प्रत्येक प्याली में थोड़ा तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डालो। देखो क्या होता है ? प्रत्येक प्याली का ऑक्साइड विलेय हो जाता है। इस विलयन को वाष्पन से प्रत्येक धातु का सल्फेट प्राप्त हो जाता है। यह क्रियाएं इस प्रकार होती हैं—

$$MgO + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2O$$
(मैग्नीशियम सल्फेट)

$$CaO + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$$
(कैल्सियम सल्फेट)

$$Na_2O + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$
(सोडियम सल्फेट)

$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$$
(कॉपर सल्फेट)

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
(फैरिक सल्फेट)

उपर्युक्त क्रियाओ से तुमने देखा कि प्रत्येक धातु का ऑक्साइड अम्ल से क्रिया करके तथा जल बनाता है परन्तु कुछ धातुओ के ऑक्साइड जल के साथ भी क्रिया करके हाइड्रॉ बनाते हैं।

वह ऑक्साइड जो अम्ल के साथ क्रिया करके लवण तथा जल बनाते हैं क्षारकीय ऑक (Basic Oxides) कहलाते हैं।

क्षारकीय ऑक्साइड के जलीय विलयन को क्षार (Alkali) कहते हैं।

3. उभयधर्मी ऑक्साइड (Amphoteric Oxides)

कुछ धातुओ के ऑक्साइड अम्ल और क्षार दोनो से क्रिया करके लवण व जल बन जैसे—एल्यूमिनियम ऑक्साइड (Al_2O_3), जिंक ऑक्साइड (ZnO), टिन ऑक्साइड (Sn आरसीनियस ऑक्साइड (As_2O_3), आदि।

प्रयोग—एक परखनली में थोड़ा जिंक ऑक्साइड लो और इसमे 2-3 मिली. तनु सल्फ्यू... अम्ल डालकर गरम करो। इसी प्रकार दूसरी परखनली मे जिंक ऑक्साइड लो और उसमे कॉस्टिक सोडा विलयन डालकर गर्म करो। देखो क्या प्रतिक्रिया होती है ? तुम पाओगे कि दोनो परखनली मे जिंक ऑक्साइड विलय हो जाता है।

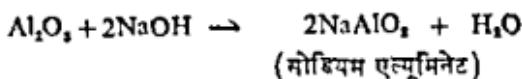
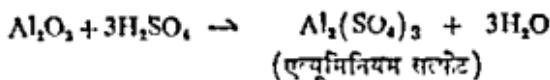
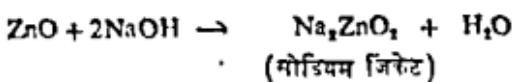
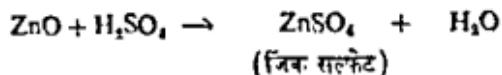
यही प्रयोग एल्यूमिनियम, टिन तथा आरसेनिक के ऑक्साइड लेकर अलग-अलग अम्ल और क्षार की क्रिया का अध्ययन करो।

यह क्रियाएं इस प्रकार होती हैं :

$$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$$
(जिंक सल्फेट)

$$ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O$$
(सोडियम जिंकेट)

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
(एल्यूमिनियम सल्फेट)

$$Al_2O_3 + 2NaOH \rightarrow 2NaAlO_2 + H_2O$$
(सोडियम एल्यूमिनेट)

इन क्रियाओं से यह निष्कर्ष निकलता है कि यह ऑक्साइड अम्लीय भी हैं और क्षारीय भी।

वह ऑक्साइड जो अम्ल और क्षार दोनों से क्रिया करके लवण तथा जल बनाते हैं, उभयधर्मी ऑक्साइड (Amphoteric Oxides) कहलाते हैं।

4 उदासीन ऑक्साइड (Neutral Oxides)

वह ऑक्साइड जो क्षार व अम्ल किसी से भी क्रिया करके लवण तथा जल नहीं बनाते उदासीन ऑक्साइड कहलाते हैं। उदाहरणार्थ जल (H_2O), कार्बन मोनोक्साइड (CO), नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O) तथा नाइट्रिक ऑक्साइड (NO)।

5. उच्चतर ऑक्साइड (Highest Oxides)

वह ऑक्साइड जिनमें संयोजकता के अनुसार जितनी ऑक्सीजन होनी चाहिए उससे अधिक हो उन्हें उच्चतर ऑक्साइड कहते हैं।

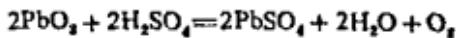
इन्हें दो भागों में बाँटा गया है

(i) परॉक्साइड (ii) पॉली ऑक्साइड

परॉक्साइड वह ऑक्साइड हैं जिनमें संयोजकता के अनुसार जितनी ऑक्सीजन की मात्रा हो उससे अधिक हो परन्तु तनु खनिज अम्लों के साथ क्रिया करने पर हाइड्रोजन परॉक्साइड दें। उदाहरणार्थ बेरियम एवं सोडियम परॉक्साइड।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$
$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

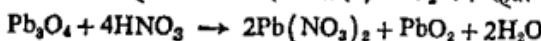
पॉली ऑक्साइड—ये ऑक्साइड भी परॉक्साइड की तरह संयोजकता के अनुसार जितनी ऑक्सीजन होनी चाहिए उससे अधिक रखते है परन्तु ये तनु खनिज अम्लों के साथ क्रिया करने पर हाइड्रोजन परॉक्साइड नहीं देते हैं। उदाहरणार्थ मैंगनीज डाइऑक्साइड एवं लैड परॉक्साइड।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$
$$2PbO_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O + O_2$$

6. सब-ऑक्साइड (Sub-Oxides)

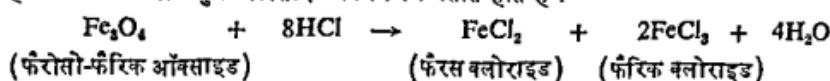
वह ऑक्साइड जिनमें संयोजकता के अनुसार जितनी ऑक्सीजन होनी चाहिए उससे कम होती है उन्हें सब ऑक्साइड कहते हैं। उदाहरणार्थ, कार्बन सब-ऑक्साइड C_3O_2, पोटेशियम सब-ऑक्साइड K_4O, सिल्वर सब-ऑक्साइड Ag_4O।

7. मिश्रित ऑक्साइड (Mixed Oxides)

कुछ ऑक्साइड ऐसे होते है कि जो अपने रासायनिक व्यवहार से दो ऑक्साइडो के बने प्रतीत होते हैं। जैसे—लाल लैड (Pb_3O_4) जो दो ऑक्साइड का संयुक्त यौगिक प्रतीत होता है—$2PbO.PbO_2$। यदि लाल लैड को नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) से क्रिया करायें तो लैड नाइट्रेट, $Pb(NO_3)_2$ विलयन में मिलता है और लैड डाइऑक्साइड, PbO_2 बच रहता है।

$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 \rightarrow 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

(लाल लैड) (नाइट्रिक अम्ल) (लैड नाइट्रेट) (लैड डाइऑक्साइड)

इसी प्रकार फैरोसो-फैरिक ऑक्साइड (Fe_3O_4) और मैंगनीज ऑक्साइड (Mn_3O_4) भी ऐसी ही क्रिया करके दो संयुक्त ऑक्साइड का मिश्रण प्रतीत होते हैं।

$$Fe_3O_4 + 8HCl \rightarrow FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

(फैरोसो-फैरिक ऑक्साइड) (फैरस क्लोराइड) (फैरिक क्लोराइड)

जल
(Water)

12.12 यह हमें सर्व प्रकार विदित है कि जल हमारे दैनिक जीवन में कितना महत्त्व रखता है। वायु और जल दो ऐसे प्रमुख पदार्थ हैं जिनके बिना जीवन सम्भव नही हो सकता। पृथ्वी के तल का तीन चौथाई भाग जल है और मनुष्य के शरीर का दो तिहाई भाग जल ही है। परन्तु आश्चर्य है कि यह पदार्थ अठारहवी शताब्दी के अन्त तक एक तत्त्व माना जाता रहा था। इसका कारण उस समय मे उपलब्ध साधन और उपकरण हो सकते हैं। सर्वप्रथम 1784 में कैवेण्डिश ने इस पदार्थ को हाइड्रोजन व ऑक्सीजन का एक यौगिक सिद्ध किया और इस तथ्य की पुष्टि लैवोशिये ने की जब उसने जल का संगठन ज्ञात किया।

कठोर तथा मृदु जल
(Hard and Soft Water)

12.13 साबुन से नहाते अथवा वस्त्र धोते समय एक विशेष अनुभव

तुमने साबुन का प्रयोग तो किया ही होगा। क्या तुमने अनुभव किया है कि कुए, झील अथवा नदी से नहाते या वस्त्र धोते समय साबुन को रगड़ते रहने पर भी झाग नही उत्पन्न होते जब तक कि साबुन को अधिक देर तक रगड़ा न जाये? इसके साथ-साथ एक श्वेत अवशेष बच रहता है और न तो बदन की ही ठीक सफाई होती और न वस्त्र ही साफ होता है। क्या तुमने इसका कारण सोचा कि ऐसा क्यों होता है? आओ, एक प्रयोग करें।

प्रयोग—दो परखनली लो। एक में कुए अथवा झील का पानी लो और दूसरी मे आसुत जल (Distilled Water) लो। दोनों परखनली मे साबुन के टुकडे बराबर मात्रा में डालो और दोनों को एक साथ बराबर समय के लिए हिलाओ। थोड़े समय तक ऐसा करने के बाद देखो कि दोनों परखनली मे झाग बने अथवा नही और यदि बने तो एक मे दूसरे से कम या अधिक। तुम देखोगे कुए के जल वाली परखनली मे कम झाग बने हैं और आसुत जल वाली परखनली में अधिक।

जो जल साबुन से थोड़ा तथा कठिनता से झाग दे उसे कठोर जल कहते हैं।

झील या खारा कुआ, तालाब, नदी, समुद्र, स्रोत, आदि प्राकृतिक जल इस प्रयोग में कम झाग देंगे क्योंकि यह कठोर जल होते हैं।

जो जल साबुन के साथ सुगमता से अधिक झाग दे, उसे मृदु जल कहते हैं।

आसुत जल, नल का जल, वर्षा का जल, मीठे कुए का जल अथवा रासायनिक क्रिया से प्राप्त जल मृदु जल होते हैं।

जल कठोर क्यों होता है?

इसका कारण जानने के लिए एक प्रयोग करें।

प्रयोग—एक परखनली में थोड़ा आसुत जल लेकर उसमें कुछ कैल्सियम क्लोराइड ($CaCl_2$) डालो। हिलाने पर यह लवण विलेय हो जायेगा। अब इसी परखनली में थोड़े साबुन के टुकड़े डालकर अच्छी तरह से हिलाओ। हिलाने के बाद परखनली का परीक्षण करो। तुम देखोगे कि जल में झाग नहीं उत्पन्न हुए और एक श्वेत अवशेष बच रहा। यह क्रिया ऐसी ही हुई जैसी कि तुमने पहिले प्रयोग में कठोर जल से की थी। यदि जल में कैल्सियम क्लोराइड न प्रयोग किया होता तो जल में प्रर्याप्त झाग बन जाते। तो क्या जल में कठोरता कैल्सियम क्लोराइड के कारण हो गयी? हाँ ऐसा ही हुआ।

यह देखा गया है कि यदि जल में कैल्सियम अथवा मैग्नीशियम के लवण घुले होते हैं तो वह जल कठोर हो जाता है। ये लवण इन धातुओं के क्लोराइड, सल्फेट व बाइकार्बोनेट होते हैं।

12.14 कठोर जल से साबुन ने झाग क्यों नहीं दिये?

साधारण साबुन वसा अम्लों (Fatty Acids) जैसे स्टीयरिक, पामीटिक और ओलीइक अम्ल के सोडियम लवण होते हैं। यह जल में विलेय है। परन्तु जल में विलेय कैल्सियम अथवा मैग्नीशियम के लवणों से, जो कठोर जल में पहिले से ही उपस्थित हैं, क्रिया करते हैं और एक श्वेत अवशेष रह जाता है -

$$2C_{17}H_{35}COONa + CaCl_2 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca \downarrow + 2NaCl$$

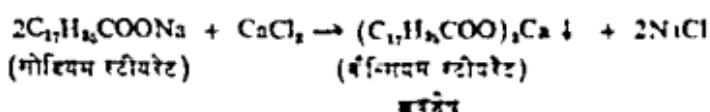
(सोडियम स्टीयरेट) (कैल्सियम स्टीयरेट) अवशेष

जो साबुन झाग पाने के लिए प्रयोग किया था वह कैल्सियम का अवशेष बना कर नष्ट हो जाता है और शरीर अथवा वस्त्र पर चिपट कर रह जाता है।

12.15 प्रकृति में कठोर जल कैसे बना?

यह तो तुम जानते ही हो कि जल एक अच्छा विलेय है। जब यह जल ऐसे स्थानों से होकर जाता है जहां पर कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के विलेय लवण होते हैं तो वह इन लवणों को विलय कर लेता है। इसके अतिरिक्त जब वर्षा का जल बादलों से नीचे गिरता है तो अन्तर में वायु की कार्बन डाइऑक्साइड सोख लेता है। कार्बन डाइऑक्साइड मिश्रित जल चूना पत्थर ($CaCO_3$) के सम्पर्क में आने पर उन्हें कैल्सियम हाइड्रोकार्बोनेट में बदल देता है जो जल में विलेय है -

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

(कैल्सियम कार्बोनेट) (कैल्सियम बाइकार्बोनेट)
चूना पत्थर विलेय पदार्थ

कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के यही विलेय लवण जल को कठोर बना देते हैं।

12.16 जल में कठोरता कितने प्रकार की होती है ?

क्या तुमने कभी खारी कुए का पानी उबालने के बाद बर्तन को देखा है और इस उबले हुए पानी से साबुन की क्रिया देखी है ? तुमने इस बर्तन मे कुछ श्वेत पदार्थ पेंदी मे जमा देखा होगा और इस उबले पानी से साबुन के झाग पर्याप्त मात्रा में पाये होंगे। ऐसा क्यों और कैसे हुआ ? उबालने से कठोर पानी मृदु हो गया और साबुन ने झाग दे दिये। इससे हम निम्न निष्कर्ष निकालते हैं :

1. जल की वह कठोरता जो उबालने से दूर हो जाती है अस्थाई कठोरता (Temporary Hardness) कहलाती है।
2. जल की वह कठोरता जो उबालने से दूर नही की जा सकती, स्थाई कठोरता (Permanent Hardness) कहलाती है।

12.17 अस्थाई कठोरता और उसे दूर करना

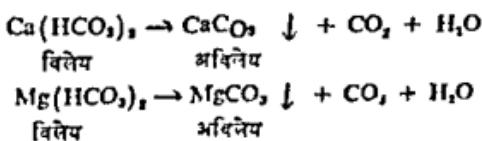
प्रयोग—नल से थोड़ा जल एक बीकर में लो। इसमे थोड़ा कैल्सियम बाइकार्बोनेट घोलो। अब यह जल साबुन के साथ झाग नही देता। क्यों ? यह अब कठोर जल बन गया क्योंकि इसमें कैल्सियम का लवण हो गया। इस जल को थोड़ी देर उबालो। क्या श्वेत पदार्थ बीकर मे बैठने लगता है ? इसे छान कर अलग कर लो और फिर इस छने हुए जल से साबुन की क्रिया करा कर झाग उठाओ। देखो, झाग उठने लगते हैं। यही प्रयोग मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट से भी करो। इससे हम निष्कर्ष निकालते हैं कि जल मे अस्थाई कठोरता कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट के कारण होती है।

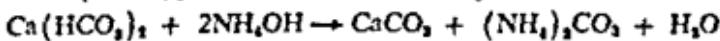
अस्थाई कठोरता को कैसे दूर करें

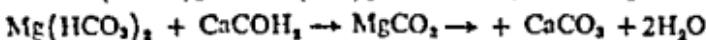
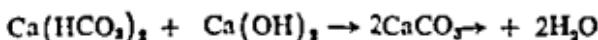
1. अस्थाई कठोर जल को उबालने से विलेय बाइकार्बोनेट अविलेय अवक्षेप में परिणित होकर अलग-अलग किये जा सकते हैं :

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$
विलेय अविलेय

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 \downarrow + CO_2 + H_2O$$
विलेय अविलेय

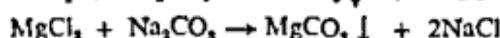
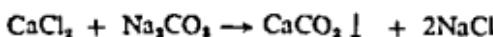
उबलते हुए जल को छान कर अवक्षेप अलग करके मृदु जल प्राप्त कर लेते हैं।

2. धावन सोडा (Na_2CO_3) या अमोनियम हाइड्रॉक्साइड से अस्थाई कठोरता दूर करते हैं। अस्थाई कठोर जल में यह पदार्थ मिलाने से कैल्सियम कार्बोनेट का अवक्षेप अलग हो जाता है और जल मृदु हो जाता है :

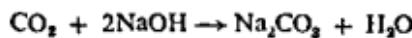
$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaHCO_3$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2NH_4OH \rightarrow CaCO_3 + (NH_4)_2CO_3 + H_2O$$

3. क्लार्क विधि से अस्थाई कठोर जल को मृदु बनाते हैं। इस विधि में कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड $Ca(OH)_2$ की आवश्यक मात्रा मिलाने से बाइकार्बोनेट, कार्बोनेटों में परिवर्तित होकर अवक्षेप बना देते हैं और जल मृदु हो जाता है। अवक्षेप को छान कर अलग कर लेते हैं।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 \rightarrow + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + CaCOH_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow + CaCO_3 + 2H_2O$$

12.18 स्थाई कठोरता कैसे दूर करें :

स्थाई कठोरता जल उबालने से दूर नहीं हो पाती क्योंकि उसमें कैल्सियम और मैग्नीशियम के क्लोराइड व सल्फेट विलय रहते हैं जो उबालने से अविलेय नहीं हो पाते। इसलिए स्थाई कठोरता दूर करने के लिए अन्य विधियाँ उपयोग में लाते हैं।

1. धवन सोडा अथवा कास्टिक सोडा (NaOH) मिलाकर स्थाई कठोरता दूर कर सकते हैं। ये पदार्थ मिलाने से कैल्सियम और मैग्नीशियम के अविलेय कार्बोनेट अथवा हाइड्रॉक्साइड बनकर अवक्षेपित हो जाते हैं और इन्हें छान कर अलग कर लिया जाता है।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$MgSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

इन क्रियाओं में कैल्सियम कार्बोनेट, कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड से कम विलेय है जबकि मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड मैग्नीशियम कार्बोनेट से कम विलेय है। इसलिए जब जल में कैल्सियम के लवण *अधिक होते हैं तो सोडियम कार्बोनेट अधिक प्रभावशाली होता है और जब मैग्नीशियम के लवण अधिक* होते हैं तो सोडियम हाइड्रॉक्साइड (कॉस्टिक सोडा) ठीक रहता है। यदि जल में कार्बन डाइऑक्साइड उपस्थित है तो कॉस्टिक सोडा अधिक उपयुक्त रहता है क्योंकि कॉस्टिक सोडा कार्बन डाइऑक्साइड से क्रिया करके पहले सोडियम कार्बोनेट बनाता है जो तत्पश्चात् धातुओं के कार्बोनेट अवक्षेपित कर देता है।

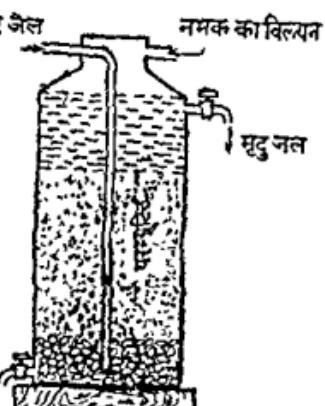
$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

यहाँ पर कॉस्टिक सोडा के दो कार्य हैं

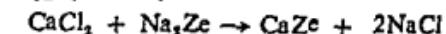
(अ) विलेय लवण को अविलेय कार्बोनेट में परिवर्तित करना और

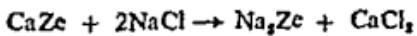
(ब) जल में उपस्थित कार्बन डाइऑक्साइड को निष्कासित करना जो यदि जल में रही तो अविलेय (अवक्षेप) कार्बोनेट को फिर विलेय बाइकार्बोनेट में परिणित कर सकती है।

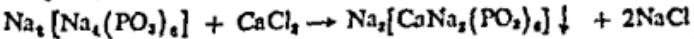
2. क्षारक-विनिमय विधि (Base-Exchange Process)—इस विधि से स्थायी कठोरता औद्योगिक रूप से दूर की जा सकती है। इस विधि में जियोलाइट (Zeolite) नाम के पदार्थ का प्रयोग करते हैं। यह एक प्राकृतिक जटिल पदार्थ है। यदि इसे कृत्रिम रूप में बनायें तो इसे परम्यूटिट (Permutit) कहते हैं। इसे सोडियम कार्बोनेट (Na_2CO_3), एल्युमिना (Al_2O_3) और सिलिका

(SiO_2) के मिश्रण को गर्म करके प्राप्त करते हैं। रासायनिक दृष्टि में यह सोडियम-एल्यूमिनो-सिलीकेट ($Na_2Al_2Si_2O_8 . H_2O$) होता है। संक्षिप्त रूप से इसे Na_2Ze से प्रदर्शित करते हैं।

कठोरता दूर करने के लिए जल को एक सिलिण्डर के आकार की टंकी (चित्र 12.7) में प्रवाहित करते हैं और निकास नल से मृदु जल प्राप्त कर सकते है। ऐसा करने से जल में विलेय कैल्सियम और मैग्नीशियम के लवण परम्यूटिट से मिलकर अविलेय परम्यूटिट बन जाते हैं और जल मृदु हो जाता है :

चित्र 12.7—परम्यूटिट विधि

$$CaCl_2 + Na_2Ze \rightarrow CaZe + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + Na_2Ze \rightarrow MgZe + Na_2SO_4$$

इस प्रकार जल से कैल्सियम और मैग्नीशियम परम्यूटिट ले लेता है और कुछ समय बाद उसका सारा सोडियम इन धातुओं के परम्यूटिट मे बदल कर जल की कठोरता दूर करना बन्द कर देता है। इस परम्यूटिट को अक्रिय से सक्रिय बनाने के लिए इसे 10% सोडियम क्लोराइड (NaCl) विलयन से क्रिया कराते हैं। जल के स्थान पर इस विलयन को प्रवाहित करने से निम्न क्रिया होकर परम्यूटिट फिर पुनर्जीवित हो जाता है :

$$CaZe + 2NaCl \rightarrow Na_2Ze + CaCl_2$$
$$MgZe + 2NaCl \rightarrow Na_2Ze + MgCl_2$$

क्षारक-विनिमय विधि से कठोरता दूर करने के लिए और भी पदार्थों का प्रयोग किया जाता है। इनमे सोडियम हैक्सामैटा फास्फेट $(NaPO_3)_6$ प्रमुख है। यह $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$ से अधिक स्पष्ट किया जा सकता है। यह पदार्थ "कैल्गोन" (Calgon) के नाम से विक्रय होता है। इसकी क्रिया इस प्रकार होती है :

$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + CaCl_2 \rightarrow Na_2[CaNa_2(PO_3)_6]\downarrow + 2NaCl$$

अक्रिय कैल्गोन को पुनर्जीवित करने के लिए 10% सोडियम क्लोराइड का ही प्रयोग करते हैं।

3. आसवन विधि से जल की स्थाई व अस्थाई दोनों कठोरता दूर की जा सकती हैं और जल पूरी तरह शुद्ध व मृदु हो जाता है।

12.19 कठोर जल के प्रयोग से क्या हानियां होती हैं :

(1) पीने का जल कठोर होने से स्वाद मे खारा होता है जो अच्छा नहीं लगता।

(2) वस्त्र धोने में कठोर जल से साबुन अधिक व्यय भी होता है और वस्त्र भी स्वच्छ नहीं होते। परिश्रम अधिक लगाने के अतिरिक्त कपड़े कूटने-पीटने से फट जाते हैं।

(3) इंजन के वाष्पत्रों (Boilers) मे कठोर जल प्रयोग करने से इन पात्रों मे लवणों की परत बैठ जाती है जिससे वह ऊष्मा के कुचालक हो जाते हैं और वाष्प बनाने के लिए अधिक ईंधन प्रयोग करना पड़ता है। साथ ही यदि नलिकाओं मे परतें जमा हो जायँ तो जल का प्रवाह भी रुक जाता है।

कम मात्रा में कठोर जल का एक उपयोग भी है। नगरो में नल से पानी सप्लाई होता है। लोहे के बने होते हैं परन्तु उनमें लैड की भी कुछ मात्रा प्राय.पायी जाती है। जल का कुछ प्रभ लैड पर होता है और वह जल में विलेय होकर जनता तक पहुचता है। लम्बे समय तक इस लैड य जल के प्रयोग से पेट की बीमारियां होती हैं और लैड एक विष का कार्य करता रहता है जिससे अ में मृत्यु भी हो सकती है। यदि जल थोड़ा कठोर है अथवा उसमे कैलसियम तथा मैग्नीशियम क्लोराइड तथा सल्फेट विलेय हैं तो यह लवण लैड से मिलकर अविलेय लैड क्लोराइड (PbCl और लैड सल्फेट ($PbSO_4$) बनाते हैं जो नल के अन्दर जमा हो जाता है और जल का नल प्रभाव न होकर विष रहित जल जनता को मिलता रहता है।

जल का संगठन
(Composition of Water)

यह तो तुमने जान ही लिया है कि जल ऑक्सीजन और हाइड्रोजन का एक यौगिक है। दोनो गैसो की मात्रा इस यौगिक में कितनी है यह हम उसके सगठन से जान सकते हैं।

12.20 जल का संगठन आयतनात्मक और भारात्मक विधियों से ज्ञात किया जाता है।

(1) आयतनात्मक संगठन (Volumetric Composition)

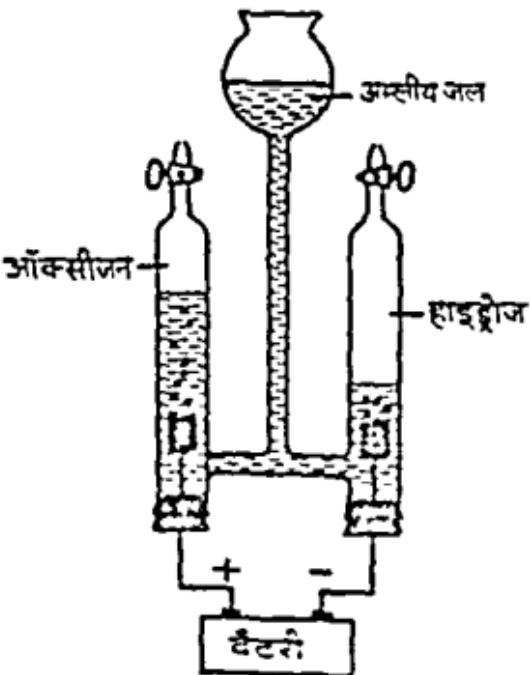
इस विधि से यह ज्ञात करेंगे कि जल मे हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन आयतन के रूप से कि अनुपात में उपस्थित रहती हैं। यह संगठन दो विधियों से जाना जा सकता है।

(अ) विश्लेषण विधि

जल में सलफ्यूरिक अम्ल की कुछ बूंदें डालकर चित्र 12.8 के अनुसार एक वोल्टामीटर उपकरण मे विद्युत विश्लेषण करते हैं। ऐसा करने से जल अपने अवयवों में विच्छेदित होकर धनाग्र पर ऑक्सीजन और ऋणाग्र पर हाइड्रोजन देता है। यदि दोनो गैसें बराबर के ट्यूबो में एकत्र की हो तो उपकरण से ही पता लगा सकते हैं कि निकली हुई हाइड्रोजन का आयतन ऑक्सीजन के आयतन से दुगुना है अर्थात् जल मे हाइड्रोजन और ऑक्सीजन 2 : 1 के अनुपात में उपस्थित रहती है।

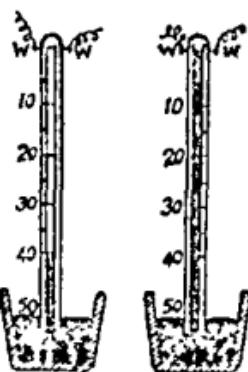
चित्र 12.8—जल का विद्युत विश्लेषण

(ब) संश्लेषण विधि

चित्र 12.9 के अनुसार एक यूडियोमीटर ट्यूब लेकर उसमें पारा भरकर उसे पारे की द्रोणिका में

उल्टा कर दिया। हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का एक मिश्रण 2 : 1 के अनुपात में ट्यूब में डाला जिसमें लगभग दो तिहाई ट्यूब गैस मिश्रण से भर गया। अब बैटरी से जोड़ने पर तारों के मध्य एक विद्युत स्फुलिंग (Electric Spark) प्रवाहित किया। ऐसा करने से गैस मिश्रण में क्रिया होगी और जल बनेगा। साधारण ताप पर आकर जलवाष्प में बदलेगा और हम देखेंगे कि पारा पूरे ट्यूब में भर गया। इससे यह निष्कर्ष निकला कि स्फुलिंग के पश्चात् दोनों गैसें पूर्णरूप से क्रिया कर गईं और कोई गैस शेष नहीं रही।

इससे यह सिद्ध होता है कि जल को बनाने के लिए हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की मात्राओं का आयतनात्मक अनुपात 2 : 1 होना आवश्यक है।

चित्र 12.9—संश्लेषण विधि से जल का संगठन ज्ञात करना

(2) भारात्मक संगठन (*Composition by Weight*)

जल का संगठन भारात्मक विधि से ज्ञात करने के प्रयत्न वैज्ञानिकों ने अवश्य किये थे। परन्तु प्राचीन काल के उपलब्ध उपकरणों के आधारभूत ही परिणाम भी त्रुटिपूर्ण रहे। फ्रांस के वैज्ञानिक अलेक्जेंडर ड्यूमा (Alexander Dumas) ने 1843 में जल का भारात्मक संगठन ज्ञात करने का प्रयास किया। हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन का भार लेकर जल बनाने के स्थान पर उन्होंने ऑक्सीजन

चित्र 12.10—ड्यूमा विधि से जल का भारात्मक संगठन ज्ञात करना

और बने हुए जल का भार ज्ञात किया और दोनों के अन्तर से हाइड्रोजन का भार ज्ञात करके ऑक्सीजन की मात्रा, जो जल बनाने में प्रयोग हुई, ज्ञात की। चित्र 12.10 के उपकरण के अनुसार इस विधि में शुद्ध हाइड्रोजन को तप्त कॉपर ऑक्साइड पर प्रवाहित करते हैं :

$$H_2 + CuO \rightarrow Cu + H_2O$$

[illegible] कॉपर ऑक्साइड को [illegible] हैं और पानी को [illegible] क्लोराइड में [illegible] हैं। [illegible] कॉपर ऑक्साइड को [illegible] हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करते हैं। [illegible] कॉपर ऑक्साइड और [illegible] क्लोराइड की पानी को तोल लेते हैं। [illegible] और जल का [illegible] है। भार में ऑक्सीजन का भार [illegible] कॉपर ऑक्साइड की ऑक्सीजन से संयोग करके जल में परिवर्तित हुई है। इस प्रकार यह निष्कर्ष निकला कि हाइड्रोजन का 1 भाग ऑक्सीजन के 8 भाग से मिलकर 9 भाग जल बनाता है। यही जल का भारात्मक संगठन है।

पुनरावलोकन

ऑक्सीजन मुक्त अवस्था एवं संयुक्त दोनों ही अवस्था में प्रकृति में पाया जाता है। गर्म करने पर कुछ यौगिक अपने अणुओं में से ऑक्सीजन छोड़ देते हैं। पोटेशियम परमैंगनेट, पोटेशियम क्लोरेट, नाइट्रेट एवं मरक्यूरिक ऑक्साइड इसके उदाहरण हैं। प्रयोगशाला में यह गैस इन्हीं यौगिकों से प्राप्त की जाती है। अधिक मात्रा में ऑक्सीजन हवा के द्रवीकरण द्वारा प्राप्त की जाती है। उच्च तापक्रम पर यही गैस अधिकतर धातुओं तथा अधातुओं से संयुक्त कर ऑक्साइड यौगिक बनाती है। धातुओं से बने हुए ऑक्साइड का जलीय विलयन क्षारीय तथा अधातुओं के ऑक्साइड का जलीय विलयन अम्लीय होता है। इस गैस का अधिकतम उपयोग कारखानों में शुद्ध लोहा प्राप्त करने में किया जाता है। अनुमानतः लोहा प्राप्त करने के एक बड़े कारखाने में करीब 300 टन ऑक्सीजन की प्रतिदिन आवश्यकता होती है। जीवधारियों के लिए यह गैस अत्यन्त आवश्यक एवं उपयोगी है। ऊंचाई पर चढ़ने वाले पर्वतारोही तथा अस्पताल में मरीजों की श्वास-क्रिया में इसका उपयोग किया जाता है। ऑक्सीजन अन्य तत्वों से संयोग करके ऑक्साइड बनाती है। गुणों के आधार पर ऑक्साइडों का वर्गीकरण अम्लीय, क्षारीय, उभयधर्मी, उदासीन, उच्चतर, सब व मिश्रित वर्गों में करते हैं। ऑक्सीजन संयुक्त अवस्था में व्यापकता की दृष्टि से जल के रूप में पाया जाता है। यह हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन का यौगिक है। दोनों गैसें 2 : 1 आयतनों के अनुपात में संयुक्त होकर जल बनाती हैं। जल के एक अणु का मात्रात्मक संगठन 1 : 8 होता है जिसमें हाइड्रोजन 1 तथा ऑक्सीजन 8 इकाई होता है। जल का सबसे व्यापक उपयोग विलायक के रूप में होता है। जल में घुलित लवणों के आधार पर जल हल्का तथा भारी हो जाता है। भारी जल को कई विधियों द्वारा हल्का बनाया जाता है जिनमें परम्यूटिट विधि मुख्य है।

अध्ययन प्रश्न

1. निम्न क्रियाओं के समीकरण बनाओ
   - (अ) पोटैशियम + ऑक्सीजन = पोटैशियम ऑक्साइड
   - (ब) नाइट्रोजन + ऑक्सीजन = नाइट्रिक ऑक्साइड
   - (स) फॉस्फोरस + ऑक्सीजन = फॉस्फोरस पैन्टॉक्साइड

   प्रत्येक ऑक्साइड की जल के साथ अभिक्रिया लिखो।

2. ऐसे यौगिक का नाम बताओ जो निम्न गुण प्रदर्शित करता है। अभिक्रिया का समीकरण भी लिखो।
   (अ) रंगीन हो परन्तु गर्म करने पर ऑक्सीजन गैस देता हो।
   (ब) द्रव हो परन्तु वायु में खुला छोड़ने पर ऑक्सीजन देता हो।
   (स) रंगहीन, जल में विलय हो परन्तु गर्म करने पर ऑक्सीजन अवश्य देता हो।
3. ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन गैस से भरे हुए गैस जारों को कैसे पहचानोगे? जांच करने के लिए कम से कम तीन उदाहरण दो।
4. जल का मात्रात्मक संगठन ज्ञात करने में किन-किन बातों का ज्ञान होना आवश्यक है? क्रमशः लिखकर एक तालिका बनाओ।
5. कठोर जल को परम्यूटिट द्वारा हल्का करने की विधि का संक्षेप में वर्णन करो और साथ में समीकरण भी लिखो।

रोचक प्रयोग, प्रयोजनाएं, प्रायोगिक क्रियाएं

1. एक ग्राम पोटैशियम परमैंगनेट से प्रयोगशाला में कितनी मिली. ऑक्सीजन गैस बनाती है?
2. कठोर जल को हल्का बनाने के लिए परम्यूटिट के गुण रखने वाला नया यौगिक तैयार करो।
3. ऑक्सीजन के यौगिकों से अनेक प्रकार के विस्फोटक बनने की प्रयोजना बनाओ।
4. साधारण आदमी को प्रतिदिन कितनी मिली. ऑक्सीजन चाहिए? प्रयोग द्वारा ज्ञात करने की प्रयोजना बनाओ।
5. कुछ धातु एवं अधातुओं को ऑक्सीजन में जलाकर बनने वाले ऑक्साइड का अध्ययन करो।

अभ्यास प्रश्न

1. मरक्यूरिक आक्साइड HgO को गर्म करने पर निम्नलिखित परिवर्तन होते हैं:
   (1) लाल रंग गहरा होकर लगभग काला हो जाता है।
   (2) ऑक्सीजन निकलती है।
   (3) मरकरी बनती है।
   (4) ऊष्मीय अपघटन होता है
   निम्न में से कौनसी विकल्पनाएं सत्य हैं—
   (अ) चारों।
   (ब) 1, 2 व 3।
   (स) 1, 2 व 4।
   (द) 2, 3 व 4।
   (इ) इनमें से कोई भी संयोग नहीं। ( )
2. कुछ रासायनिक पदार्थ एक कठोर कांच की परखनली में गर्म किया और गैस को जल के ऊपर एकत्र कर लिया। यह गैस होगी
   (अ) आक्सीजन।
   (ब) हाइड्रोजन।
   (स) अमोनिया।
   (द) हाइड्रोजन सल्फाइड।
   (इ) हाइड्रोजन क्लोराइड। ( )

3. वायु मे जलना, जंग लगना व श्वांस लेना किस प्रकार एकसी ही क्रियाएं हैं ?

(अ) सब मे वायु का प्रयोग होता है।

(ब) सब क्रियाओ मे जल बनता है।

(स) सब क्रियाओ मे ऊष्मा निकलती है।

(द) सब मे वायु की ऑक्सीजन का प्रयोग होता है।

(इ) अधातुओ के आक्साइड बनते हैं। ( )

4. एक श्वेत ऑक्साइड की लिटमस पर कोई क्रिया नही होती, वह जल मे अविलेय है, कॉस्टिक सोडा विलयन मे विलेय है और तनु नाइट्रिक अम्ल से लवण बनाता है। वह ऑक्साइड है

(अ) क्षारीय।

(ब) अम्लीय।

(स) उभयधर्मी।

(द) मिश्रित ऑक्साइड।

(इ) उदासीन अम्लीय ऑक्साइड। ( )

5. शुष्क हाइड्रोजन ऑक्सीजन मे जलकर केवल जल बनाती है। इससे पता चलता है कि

(अ) जल ऑक्सीजन का एक हाइड्राइड है।

(ब) जल का सूत्र H_2O है।

(स) विद्युत-रासायनिक श्रेणी मे हाइड्रोजन कॉपर से ऊपर है।

(द) जल मे आयतन से हाइड्रोजन व ऑक्सीजन 2 1 के अनुपात मे होती है।

(इ) जल के विद्युत अपघटन से हाइड्रोजन व ऑक्सीजन बनती है। ( )

6 निम्नलिखित मे से कौनसी अभिक्रिया जल के लिए अविलक्षक नही है

(अ) ऊष्मीय अपघटन से अपने तत्वों मे परिवर्तन।

(ब) विशेष पदार्थों से हाइड्रेट बनाना।

(स) विशेष तत्वो से हाइड्रोजन बनाना।

(द) विशेष ऑक्साइडो से अम्ल बनाना।

(इ) विशेष यौगिको के लिए आयनकारी विलायक जैसे—हाइड्रोजन क्लोराइड। ( )

7. एक सरल विधि से जल का भारात्मक सगठन ज्ञात करने के लिए

(अ) तप्त तांबे पर नमर गैस प्रवाहित करते हैं।

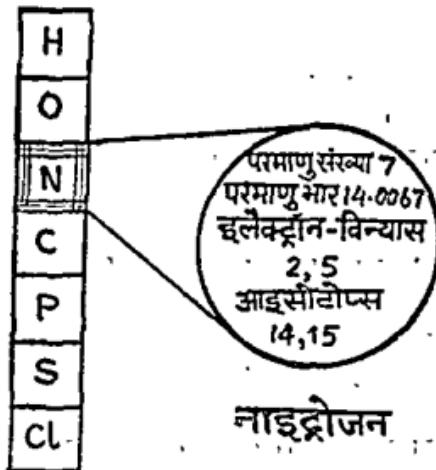
(ब) तप्त कॉपर ऑक्साइड पर हाइड्रोजन प्रवाहित करते है और बने हुए जल का भार निकालते हैं।

(स) हाइड्रोजन को तौल अत्यधिक ऑक्सीजन मे मिलाकर दोनो गैसो को जलाते है।

(द) तप्त लोहे पर जलवाष्प प्रवाहित कर निकली हुई हाइड्रोजन को तौल लेते हैं।

(इ) हाइड्रोजन के दो आयतन व ऑक्सीजन का एक आयतन 100° सें. मे ऊपर गर्म की हुई यूडियोमीटर नली मे विस्फोट करते हैं। ( )

[उत्तर : 1—(अ) 2—(अ) 3—(स) 4—(स) 5—(अ) 6—(अ) 7—(ब)]

इकाई **13**

नाइट्रोजन

13.1 परमाणु का खोखलापन ज्ञात करने वाले रदरफोर्ड से लगभग डेढ़ सौ वर्ष पूर्व नाइट्रोजन की खोज करने वाले वैज्ञानिक का नाम भी रदरफोर्ड ही था

यद्यपि निश्चित रूप से यह कहना तो कठिन है कि सर्वप्रथम नाइट्रोजन को किसने पृथक् किया तथा इसे एक विशेष पदार्थ माना किन्तु डी. रदरफोर्ड महोदय को संभवतः इसका श्रेय इस कारण दिया जाता है कि 1772 में उन्होंने लैटिन भाषा में अपने शोध ग्रन्थ में नाइट्रोजन का वर्णन इस प्रकार किया—*"जन्तुओं द्वारा श्वास लेने से शुद्ध वायु केवल कार्बन डाइऑक्साइड के कारण ही दूषित नहीं हो जाती अपितु इससे अन्य परिवर्तन भी आ जाता है, क्योंकि कॉस्टिक सोडा में दूषित भाग सोख लेने के उपरान्त भी बचा हुआ अंश शुद्ध नहीं होता और यद्यपि यह चूने के पानी से अवक्षेप नहीं बनाता, यह मोमबत्ती को बुझा देता है तथा जीवन को नष्ट कर देता है।"* उन्होंने इसका नाम

न जाने क्यों "फ्लोजिस्टीकृत वायु" रखा। लैवोजियर ने पहले इसका एक नाम रखा जिसका भावार्थ था 'दूषित वायु', तत्पश्चात् इसे 'एज़ोट' कहा जैसा तुम पहली इकाई में पढ़ चुके हो। इसका वर्तमान नाम 1823 में 'चपटाल' नामक वैज्ञानिक द्वारा दिया गया। उन्होंने खनिज साल्टपीटर के लिए ग्रीक 'नाइटर' तथा 'जिनो' अर्थात् 'मैं लाता हूँ' शब्दों को मिलाकर इसका नाम नाइट्रोजन रखा क्योंकि यह साल्टपीटर खनिज का ही एक अवयव है।

उपरोक्त वर्णन से यह तो तुम समझ ही गये होंगे कि डी. रदरफोर्ड को यह अनुमान नहीं था कि 'मृद वायु' लगभग 80% 'दूषित वायु' से ही बनी है तथा जन्तुओं का साँस लेना इसका कारण नहीं है।

13.2 नाइट्रोजन ही तो हमारे जीवन को दीर्घायु बनाती है

कार्बोहाइड्रेट, चिकनाई, खनिज तत्व तथा विटामिन्स के अतिरिक्त प्रोटीन भी हमारे खाद्य पदार्थों का प्रमुख अवयव होता है। प्रोटीन के स्वांगीकरण से ही हमारे शरीर की वृद्धि होती है। आधुनिक विज्ञान की खोज के अनुसार प्रोटीन पदार्थ छोटे-छोटे एककार पदार्थों से निर्मित होता है (चित्र 13.1)। इन एककार पदार्थों को "एमीनो अम्ल" कहते हैं। एमीनो अम्लों के निर्माण के लिए एमीनो मूलक की आवश्यकता होती है। नाइट्रोजन एमीनो मूलक का अभिन्न अंग होता है। जिनके शरीर में अमीनो अम्लों से रचित प्रोटीन की कमी होती है उनकी वृद्धि रुक जाती है। यही नहीं तुम्हारे शरीर में उपस्थित थाइरोक्सिन हारमोन भी अमीनो अम्ल होता है। स्पष्ट हो जाता है कि नाइट्रोजन की आवश्यकता पौधों को ही नहीं अपितु जीवधारियों को भी होती है। नाइट्रोजन की उपस्थिति प्रोटीनों में 16% तक होती है। अतः नाइट्रोजन सदृश [illegible] आवश्यक तत्व है। वैज्ञानिकों का मत है कि अच्छी प्रकार की प्रोटीन खाने से जीवन काल बढ़ जाता है।

चित्र 13.1—प्रोटीन अणु

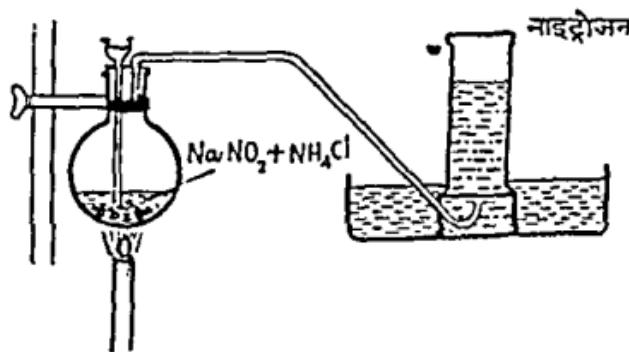
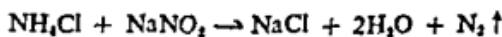
13.3 प्रयोगशाला में नाइट्रोजन कैसे बनाते हैं?

(1) वायु से—नाइट्रोजन की प्राप्ति के लिए जिस स्रोत का सर्वप्रथम ध्यान आता है वह वायु ही है। प्रयोगशाला में [illegible] की प्राप्ति के लिए केवल वायु से ऑक्सीजन तथा [illegible] कार्बन डाइऑक्साइड को पृथक करना ही पर्याप्त है। [illegible] कि कार्बन डाइऑक्साइड को सरलता पूर्वक [illegible] किया जा सकता है तथा ऑक्सीजन को [illegible] चित्र 13.2 के अनुसार उपकरण लगाते हैं। [illegible]

चित्र 13.2—वायु से नाइट्रोजन बनाना

(2) सोडियम नाइट्राइट व अमोनियम क्लोराइड के मिश्रण को गरम करके

चित्र 13.3 के अनुसार गोल पेंदी वाले फ्लास्क में अमोनियम क्लोराइड व सोडियम नाइट्राइट के सान्द्र घोल को सावधानी से गरम करके पानी के हटाव की रीति से नाइट्रोजन गैस एकत्र की जाती है। रासायनिक क्रिया निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है—

$$NH_4Cl + NaNO_2 \rightarrow NaCl + 2H_2O + N_2 \uparrow$$

चित्र 13.3—प्रयोगशाला में नाइट्रोजन बनाना

13.4 नाइट्रोजन के भौतिक गुण

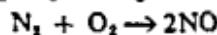
नाइट्रोजन एक रंगहीन, गंधहीन, स्वादहीन गैस है तथा पानी में अत्यन्त न्यून मात्रा में विलेय है। यह −195° से. पर द्रवित की जा सकती है तथा −209° से. पर जमकर बर्फ जैसी ठोस हो जाती है। यह विषैली गैस नहीं है क्योंकि हम निरन्तर रूप से इस गैस में श्वास लेते ही हैं। नाइट्रोजन में रखने से जन्तुओं का दम घुटने का कारण इसका विषैलापन न होकर, ऑक्सीजन की अनुपस्थिति होती है जो हमारे लिए अत्यावश्यक है।

13.5 नाइट्रोजन के रासायनिक गुण

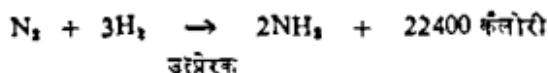
यह गैस सरलतापूर्वक रासायनिक क्रिया नही करती अपितु केवल जलते हुए एव तप्त पदार्थों से ही सयोग करती है । इसलिए इसे 'निष्क्रिय गैस' कहते हैं ।

(1) जलती हुई मोमबत्ती नाइट्रोजन के जार मे ले जाने पर बुझ जाती है तथा गैस अप्रभावित रहती है । न स्वय जलती है न जलने मे सहायता करती है।

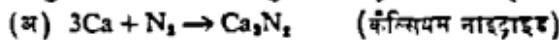
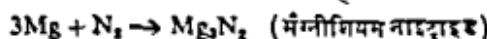
विद्युत स्फुलिंग के प्रभाव से यह ऑक्सीजन के साथ क्रिया करके नाइट्रिक ऑक्साइड बनाती है । विद्युत स्फुलिंग वायुमण्डल मे भी होती रहती है :

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

कुछ समय पहले यह क्रिया 'बर्कलैण्ड एण्ड आइड' विधि से नाइट्रिक अम्ल बनाने मे उपयोग की जाती थी ।

(2) उत्प्रेरक की उपस्थिति में अधिक दाब व उचित ताप पर हाइड्रोजन से अभिक्रिया करके यह अमोनिया बनाती है

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{\text{उचित ताप दाब}} 2NH_3 + 22400 \text{ कैलोरी}$$

तप्त धातुओं से अभिक्रिया से धातुओं के नाइट्राइड बनाती है :

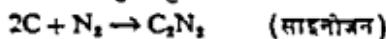
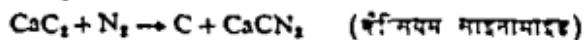
(अ) $3Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$ (कैल्सियम नाइट्राइड)

(ब) $2Al + N_2 \rightarrow 2AlN$ (एल्युमिनियम नाइट्राइड)

(3) जलते हुए मैग्नीशियम के तार को नाइट्रोजन के जार में ले जाने से मैग्नीशियम का तार जलता ही रहता है तथा गैस जार की दीवारो पर श्वेत धुँआ जम जाता है। क्रिया निम्न प्रकार प्रदर्शित की जा सकती है

$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$ (मैग्नीशियम नाइट्राइड)

कार्बन के साथ विद्युत भट्टी मे अभिक्रिया करके 'साइनोजन' बनाती है :—

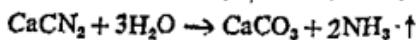
$2C + N_2 \rightarrow C_2N_2$ (साइनोजन)

कैल्सियम कारबाइड के साथ कैल्सियम साइनामाइड बनाती है जो उर्वरक बनाने के काम आता है

$CaC_2 + N_2 \rightarrow C + CaCN_2$ (कैल्सियम साइनामाइड)

13.6 नाइट्रोजन गैस के उपयोग

नाइट्रोजन वायुमण्डल के ऑक्सीजन की सक्रियता के प्रभाव को कम रखती है । यदि नाइट्रोजन न हो तो अनुमान लगाना कठिन होगा कि घरो के चूल्हे व भट्टी कितनी तीव्रतापूर्वक जल उठे तथा हमे उनके ताप का उपभोग करना कठिन हो जाय । अपनी अक्रियता के कारण बिजली के बल्बो, रासायनिक क्रियाओं मे निष्क्रिय वातावरण बनाने जैसे कार्यों के लिए नाइट्रोजन गैस का उपयोग किया जाता है । नाइट्रोजन गैस का मुख्य उपयोग इससे अमोनिया व नाइट्रिक अम्ल जैसे महत्त्वपूर्ण यौगिक बनाने मे होता है जिनका वर्णन अलग किया जा रहा है ।

भाप से क्रिया कराने पर कैल्सियम साइनामाइड से अमोनिया प्राप्त होती है :

$$CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3 \uparrow$$

कैल्सियम साइनामाइड 60% चूर्ण उर्वरक के रूप मे उपयोग किया जाता है । इसकी सभी नाइट्रोजन पौधों के भोजन मे काम आ जाती है ।

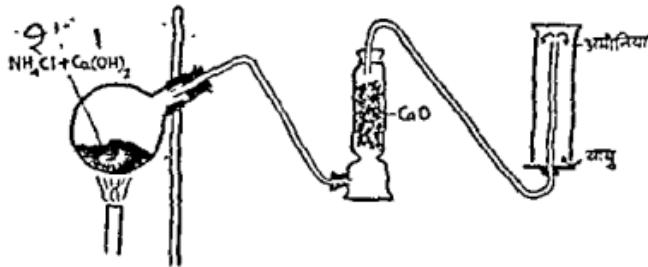
अमोनिया

13.7 मिस्र के निवासी अमोनिया की गन्ध से परिचित थे। वे ऊँट की विष्ठा को जलाने पर बनने वाले काजल में से नौसादर (Sal-Ammoniac) प्राप्त करते थे। कीमियागीरी के युग मे गेबर महोदय ने मूत्र व नमक को गरम करके एक पदार्थ प्राप्त किया जिसका नाम उन्होंने 'स्प्रिटस सैलिम युरीनिय" रखा जिसका भावार्थ था 'मूत्र व नमक का स्वत्व'। यह वही नौसादर था जिससे ऑक्सीजन के खोजकर्ता प्रीस्टले ने 1774 मे सर्वप्रथम चूने के साथ गर्म करके अमोनिया गैस को पारे पर एकत्र किया। उन्होंने इसे 'क्षारीय वायु' (Alkaline Air) कहा।

13.8 प्रकृति में अमोनिया

अमोनिया की बहुत थोड़ी मात्रा वायु में पायी जाती है। मिट्टी मे मृत जन्तुओं, पेड़-पौधों के अवशेषों पर बैक्टीरिया की क्रिया होने से अमोनिया बनती है। इसी कारण मूत्रालयों व अस्तबलों के निकट इसकी गन्ध आती है। अमोनियम लवणों के रूप में ज्वालामुखी पर्वतों के मुँह के निकट एकत्र हो जाती है।

13.9 प्रयोगशाला में अमोनिया कैसे बनाएं ?

सभी अमोनियम लवण क्षारों के साथ गरम करने पर अमोनिया गैस बनाते है। प्रयोगशाला मे बुझे हुए चूने व अमोनियम क्लोराइड के लगभग 1 : 2 के अनुपात के मिश्रण को गरम करते हैं।

चित्र 13.4—प्रयोगशाला में अमोनिया बनाना

निकलने वाली अमोनिया गैस को वायु से हल्की होने के कारण अधोमुख विस्थापन द्वारा एकत्र करते हैं। यह अभिक्रिया निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है :

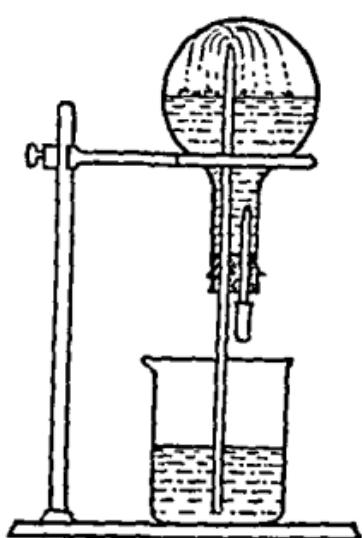
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3 \uparrow$$

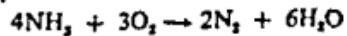
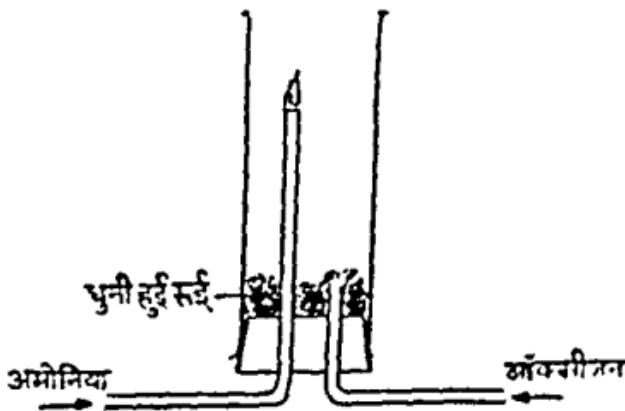
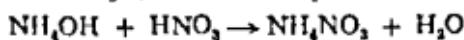
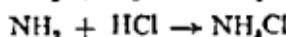
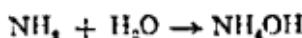
इससे स्पष्ट है कि गैस को जलवाष्प रहित करने के लिए शोषक स्तम्भ से प्रवाहित करना होगा।

जाता है तथा दम घुटने लगता है।

पानी में अत्यन्त घुलनशील है। कमरे के ताप पर (लगभग 20° सें.) एक लीटर पानी में लगभग 700 मिली. अमोनिया घुल जाती है। इसकी घुलनशीलता तुम एक फ्लास्क व एक ओर तग मुंह की कांच की नली लेकर सरलता पूर्वक प्रदर्शित कर सकते हो। चित्र 13.6 के अनुसार फ्लास्क में शुष्क अमोनिया लेकर जल से भरे बीकर के ऊपर उल्टा करके एक स्टैण्ड में लगाओ। ज्योंही कांच की नली जल में डुबाई जाती है अमोनिया का घुलना प्रारम्भ हो जाता है तथा अन्दर दाब कम होने लगता है। धीरे-धीरे जल अन्दर बढ़ता जाता है। तग मुंह तक आने पर फव्वारे के रूप में तीव्रतापूर्वक जल फ्लास्क में चढ़ जाता है। केवल दाब बढ़ाने से बिना ठण्डा किये ही अमोनिया द्रवित की जा सकती है। द्रव अमोनिया का क्वथनांक −33.4° सें. है। पानी की भांति द्रव अमोनिया में अनेकों पदार्थ विलेय हैं।

चित्र 13.6—अमोनिया की घुलनशीलता दर्शाने के लिए फव्वारा प्रयोग

13.12 अमोनिया के रासायनिक गुण

(1) दाहता—यह न तो स्वयं जलती है और न ही जलने में सहायक ही है। परन्तु अमोनिया की जेट ऑक्सीजन में हरे-पीले रंग की लौ से जलती है (चित्र 13.7)।

$$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$$

(2) क्षारीय गुण—शुष्क अमोनिया लिटमस के प्रति उदासीन है परन्तु इसका जलीय

चित्र 13.7—अमोनिया का ऑक्सीजन में जलना

विलयन क्षारीय होता है और अम्लों से प्रतिक्रिया करके लवण बनाता है।

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$$

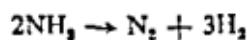
$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

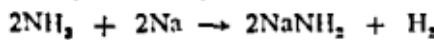
$$NH_4OH + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

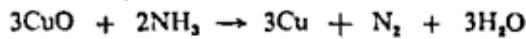
(3) *अपघटन—विद्युत स्फुलिंग के प्रभाव से अमोनिया अपने अवयव तत्त्वों में अपघटित हो जाती है।*

$$2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$$

(4) **क्रियाशील तत्त्वों से संयोग**—अमोनिया क्रियाशील तत्त्वों से संयोग करके हाइड्रोजन त्याग देती है।

$$2NH_3 + 3Mg \rightarrow 3H_2 + Mg_3N_2$$

(5) **सोडियम और पोटैशियम धातु से क्रिया**—गर्म सोडियम या पोटैशियम धातु पर से अमोनिया प्रवाहित करने पर एमाइड बनते हैं।

$$2NH_3 + 2Na \rightarrow 2NaNH_2 + H_2$$

(6) **ऑक्सीकरण**—(i) *लाल तप्त क्यूप्रिक ऑक्साइड पर से अमोनिया प्रवाहित करने पर वह नाइट्रोजन में ऑक्सीकृत हो जाती है।*

$$3CuO + 2NH_3 \rightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

(ii) अमोनिया और ऑक्सीजन का मिश्रण प्लैटिनम की जाली पर से 800°C पर प्रवाहित करने पर अमोनिया नाइट्रिक ऑक्साइड में ऑक्सीकृत हो जाती है।

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$

(7) **क्लोरीन से क्रिया**—(i) अमोनिया की अधिकतम मात्रा क्लोरीन से क्रिया करके नाइट्रोजन और अमोनियम क्लोराइड बनाती है।

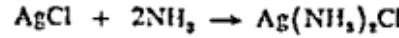
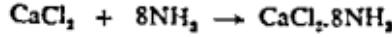
$$8NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow 6NH_4Cl + N_2$$

(ii) क्लोरीन की अधिकतम मात्रा होने पर अत्यन्त विस्फोटक पदार्थ नाइट्रोजन ट्राइ-क्लोराइड बनता है।

$$NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow NCl_3 + 3HCl$$

(8) **जटिल पदार्थों का बनना**—अमोनिया कैल्सियम क्लोराइड और सिल्वर क्लोराइड के साथ क्रिया करके जटिल पदार्थ बनाती है।

$$CaCl_2 + 8NH_3 \rightarrow CaCl_2.8NH_3$$

$$AgCl + 2NH_3 \rightarrow Ag(NH_3)_2Cl$$

(9) **कॉपर सल्फेट के साथ क्रिया**—अमोनिया का विलयन कॉपर सल्फेट के साथ क्रिया करके बेसिक कॉपर सल्फेट का हल्का नीला अवक्षेप देता है जो अमोनिया की अधिकतम मात्रा में विलय होकर गहरे नीले रंग का टेट्रा एमीन क्यूप्रिक सल्फेट [Cu $(NH_3)_4SO_4$] बनाता है जो कृत्रिम रेशम बनाने के काम आता है।

13.13 अमोनिया के उपयोग

द्रवित अमोनिया के रूप में रसायन उद्योगों में लाखों टन अमोनिया का उपयोग प्रतिवर्ष

$$KNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HNO_3$$

$$KNO_3 + KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 + HNO_3$$

नाइट्रिक अम्ल

13.16 नाइट्रिक अम्ल का शुद्धिकरण

उपर्युक्त विधि से प्राप्त नाइट्रिक अम्ल के बराबर आयतन में सल्फ्यूरिक अम्ल मिलाकर आसवित किया जाता है। इससे जल का अंश दूर हो जाता है। गर्म आसुत में शुष्क वायु या कार्बन डाइऑक्साइड प्रवाहित करने पर नाइट्रोजन के सभी ऑक्साइड दूर हो जाते हैं और रंगहीन शुद्ध नाइट्रिक अम्ल प्राप्त हो जाता है।

13.17 नाइट्रिक अम्ल के गुण

भौतिक

1. शुद्ध नाइट्रिक अम्ल एक रंगहीन और तीव्र गंध वाला द्रव है।
2. यह वायु में तीव्र धूम देता है और जल में हर अनुपात में विलयशील है।
3. यह अति संक्षारक द्रव है और त्वचा के सम्पर्क में आने पर उसे जलाकर पीले दाग व फफोले डालता है जिससे पीड़ा होती है।
4. इसका आपेक्षिक घनत्व 1.52 व क्वथनांक 120.5°C होता है।
5. −42°C पर यह रंगहीन क्रिस्टल बनाता है।

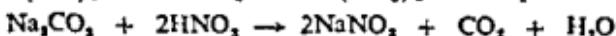
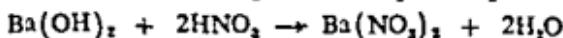
रासायनिक

(1) अम्लीय प्रकृति

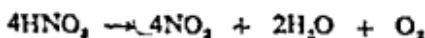
यह एक-भास्मिक अम्ल है जो नीले लिटमस को लाल कर देता है एवं क्षारों तथा भस्मों के साथ क्रिया करके नाइट्रेट लवण बनाता है।

$$NaOH + HNO_3 \rightarrow NaNO_3 + H_2O$$

$$Ba(OH)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2H_2O$$

$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$

(2) अपघटन

गरम करने पर यह पूरी तरह से नाइट्रोजन परॉक्साइड, जल और ऑक्सीजन में अपघटित हो जाता है।

$$4HNO_3 \rightarrow 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

(3) ऑक्सीकारक क्रियाएं

नाइट्रिक अम्ल एक तीव्र ऑक्सीकारक पदार्थ है क्योंकि यह सुगमता से ऑक्सीजन देकर स्वयं अपचित हो जाता है।

$$2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + H_2O + O_2$$

यह हाइड्रोजन सल्फाइड को गंधक, सल्फर डाइऑक्साइड को सल्फ्यूरिक अम्ल और फेरस-सल्फेट को सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में फेरिक सल्फेट में ऑक्सीकृत कर देता है।

$$H_2S + 2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + S$$
$$SO_2 + 2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + H_2SO_4$$
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

(4) अम्लराज

एक आयतन सान्द्र नाइट्रिक अम्ल और तीन आयतन सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल आपस में मिलकर अम्लराज बनाते हैं जो सोना व प्लेटिनम को अपने में घोल लेता है।

$$HNO_3 + 3HCl \rightarrow NOCl + 2Cl + 2H_2O$$
$$Au + 3Cl \rightarrow AuCl_3$$

(5) अधातुओं से क्रिया

(i) नाइट्रिक अम्ल अधातुओं से क्रिया करके उन्हें आक्सी अम्लों में आक्सीकृत कर देता है।

(ii) गधक को यह सल्फ्यूरिक अम्ल में एवं कार्बन को कार्बन डाइआक्साइड में ऑक्सीकृत देता है।

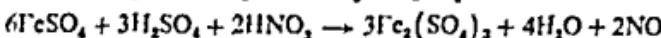
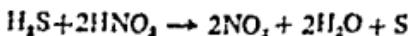
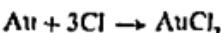
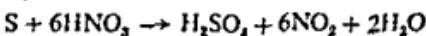
$$S + 6HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$
$$C + 4HNO_3 \rightarrow CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

(iii) यह आयोडीन को आयोडिक एवं फास्फोरस को फास्फोरिक अम्ल में ऑक्सीकृत कर देता है।

$$I_2 + 10HNO_3 \rightarrow 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$
$$P_4 + 20HNO_3 \rightarrow 4H_3PO_4 + 20NO_2 + 4H_2O$$

(6) अपधातुओं से क्रिया

नाइट्रिक अम्ल और आर्सेनिक और एण्टीमनी उपधातुओं को उनके ऑक्सी-अम्लों में ऑक्सीकृत कर देता है।

$$2As + 10HNO_3 \rightarrow 2H_3AsO_4 + 10NO_2 + 2H_2O$$
$$2Sb + 10HNO_3 \rightarrow 2H_3SbO_4 + 10NO_2 + 2H_2O$$

(7) धातुओं से क्रिया

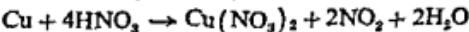
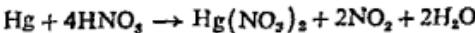
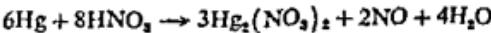
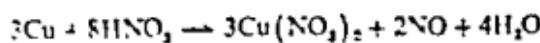
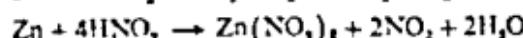
नाइट्रिक अम्ल धातुओं से क्रिया करके स्वयं NO, N_2O या NO_2 में अपचित हो जाता है। इसकी धातुओं से क्रिया निम्न बातों पर निर्भर करती है।

(i) नाइट्रिक अम्ल गरम एवं सान्द्र हो, और

(ii) नाइट्रिक अम्ल तनु एवं ठण्डा हो।

उदाहरण

(i क) मरकरी (पारा) और कॉपर (तांबा) सान्द्र और गरम नाइट्रिक अम्ल के साथ क्रिया करके नाइट्रोजन परॉक्साइड बनाते हैं।

$$Hg + 4HNO_3 \rightarrow Hg(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$
$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(i ख) मरकरी और कॉपर तनु और ठण्डे नाइट्रिक अम्ल के साथ क्रिया करके नाइट्रिक आक्साइड देते हैं।

$$6Hg + 8HNO_3 \rightarrow 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(ii क) सान्द्र व गरम अम्ल के साथ टिन और जिंक क्रिया करके नाइट्रोजन परॉक्साइड देते हैं।

$$Sn + 4HNO_3 \rightarrow H_2SnO_3 + 4NO_2 + H_2O$$

$$Zn + 4HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(ii ख) तनु व ठण्डा अम्ल के साथ टिन और जिंक क्रिया करके नाइट्रस ऑक्साइड देते हैं ।

$$4Sn + 10HNO_3 \rightarrow 4Sn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

$$4Zn + 10HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

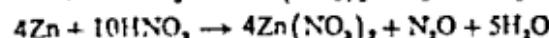
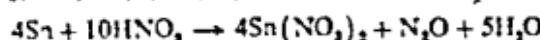
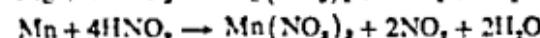
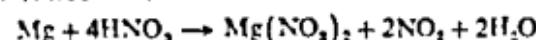
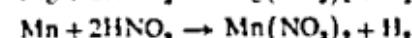
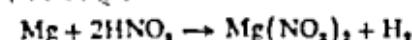
(iii क) सान्द्र और गरम नाइट्रिक अम्ल मैग्नेशियम और मैंगनीज के साथ भी क्रिया करके नाइट्रोजन परॉक्साइड देता है।

$$Mg + 4HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$Mn + 4HNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(iii ख) मैग्नीशियम और मैंगनीज ही केवल तनु और ठण्डे नाइट्रिक अम्ल के साथ क्रिया करके हाइड्रोजन गैस देते हैं ।

$$Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$$

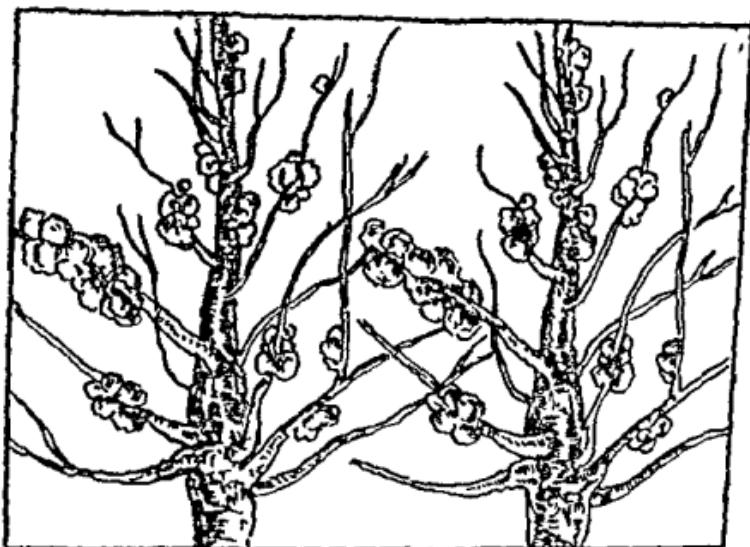
$$Mn + 2HNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + H_2$$

13.18 नाइट्रिक अम्ल के उपयोग

(1) यह कृत्रिम खाद, नाइट्रेट एवं सल्फ्यूरिक अम्ल के उत्पादन में काम आता है।
(2) यह नाइट्रोग्लिसरीन, डाइनेमाइट, टी. एन. टी., पिक्रिक अम्ल, आदि विस्फोटक पदार्थ बनाने के काम आता है।
(3) यह प्लैस्टिक एवं रंग उद्योग में प्रयुक्त होता है।
(4) यह सोना-चाँदी के शोधन में काम आता है।
(5) प्रयोगशाला में अभिकर्मक के रूप में प्रयुक्त होता है।

इसके लिए अधिक ताप न देना चाहिए, क्योंकि अधिक ताप पर अम्ल की कुछ मात्रा वियोजित हो जाती है। प्राप्त अम्ल में जल की अशुद्धि के अतिरिक्त नाइट्रोजन ऑक्साइड की अशुद्धि के कारण पीलापन भी रहता है। इन्हें दूर करने के लिए शुद्ध गंधक के अम्ल के साथ मिलाकर आसवित करते हैं। प्राप्त शुष्क नाइट्रिक अम्ल में से गर्म व शुद्ध कार्बन डाइऑक्साइड प्रवाहित करते हैं।

नाइट्रोजन का चक्र व यौगिकीकरण

हमारे वायुमण्डल का तीन चौथाई से भी अधिक भाग नाइट्रोजन गैस है। यह नाइट्रोजन की मुक्त अवस्था है। पेड़-पौधे व जीव-जन्तुओं को अपनी शरीर रचना व जीवन क्रिया के लिए नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है। वायुमण्डल में से मटर, सोयाबीन, चना, आदि कुछ ही पौधे सीधे नाइट्रोजन लेने में समर्थ होते हैं। उन पौधों को लैग्युमिनस (Leguminous) पौधे कहते हैं। इन पौधों की जड़ों में ग्रन्थियाएँ होती हैं। इनमें असंख्य राइजोबियम (Rhizobium) नामक बैक्टीरिया रहते हैं। ये भुरभुरी मिट्टी के रध्रों में समायी हुई नाइट्रोजन को ऐसे यौगिकों में बदलते हैं जिन्हें पौधे ग्रहण कर सकें। इन यौगिकों में नाइट्रेट यौगिक प्रमुख हैं। राइजोबियम द्वारा की जाने वाली जटिल

रासायनिक क्रियाए प्रकृति का ऐसा चमत्कार है जो हमारे जीवन के लिए अनिवार्य है। चित्र 1 में मटर के पौधे की जड़ो की ये ग्रन्थिकाएं दर्शायी गयी हैं।

चित्र 13.9—मटर के पौधों की जड़ों की ग्रंथिकाएं

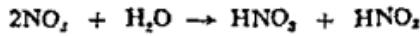
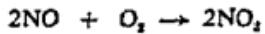
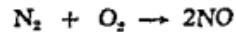
इन पौधो के अतिरिक्त अन्य सभी पौधों व जीवधारियो की नाइट्रोजन की आवश्यकता पूर्ति कैसे हो ? इसके लिए प्रकृति मे एक और प्रक्रिया होती है। यह है, मेघ-गर्जन व विद्युत चमकने पर वायुमण्डल की नाइट्रोजन व ऑक्सीजन संयोग से नाइट्रिक ऑक्साइड बन जाती है। यह ऑक्सीकृत होकर नाइट्रोजन डाइऑक्साइड मे बदल जाती है। वर्षा के जल मे घुलकर नाइट्रोजन डाइऑक्साइड नाइट्रिक व नाइट्रस अम्ल का मिश्रण बनाती है। ये अम्ल वर्षा के जल के साथ पृथ्वी पर आकर कैलिसयम कार्बोनेट जैसे क्षारीय यौगिकों से क्रिया करके नाइट्रेट बना लेते हैं। यहा प्रकृति की एक और देन पर ध्यान दो कि सभी नाइट्रेट जल मे विलेय है। इससे पौधों को जड़ों द्वारा भोजन के रूप में नाइट्रेट प्राप्त करने मे बड़ी सरलता होती है।

ये क्रियाएं निम्न समीकरणों द्वारा दर्शायी जा सकती है—

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$$

$$2HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

इन दोनों प्राकृतिक प्रक्रियाओं से ही आज के मानव की आवश्यकता की पूर्ति नहीं होती। अन्य जीव-जन्तु वायुमण्डल से सीधे नाइट्रोजन नहीं ले सकते। इसके लिए वे पौधो पर ही निर्भर हैं। मानव ने इसके लिए पौधों के द्वारा ही अधिक नाइट्रोजन प्राप्त करने का प्रयत्न किया। पौधों के लिए वायुमण्डल मे यौगिक बना कर उर्वरकों के रूप में पौधो को भोजन उपलब्ध किया जाता है। नाइ-

ट्रोजन को अपनी आवश्यकताओं के लिए यौगिकीकरणों द्वारा प्राप्त करने के प्रयत्न को नाइट्रोजन का यौगिकीकरण (Nitrogen Fixation) कहते हैं।

नाइट्रोजन के यौगिकीकरण के लिए मुख्यतः दो विधियों का प्रयोग किया जाता है।

(1) कैल्सियम साइनामाइड के उत्पादन द्वारा :

तप्त कैल्सियम कार्बाइड पर नाइट्रोजन की क्रिया करायी जाती है।

$$CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C$$

यह यौगिक 'नाइट्रोलिन' के नाम से उर्वरक के रूप में प्रयोग किया जाता है क्योंकि जल से क्रिया करके यह मिट्टी को अमोनिया देता है।

$$CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3$$

(2) अमोनिया के संश्लेषण द्वारा :

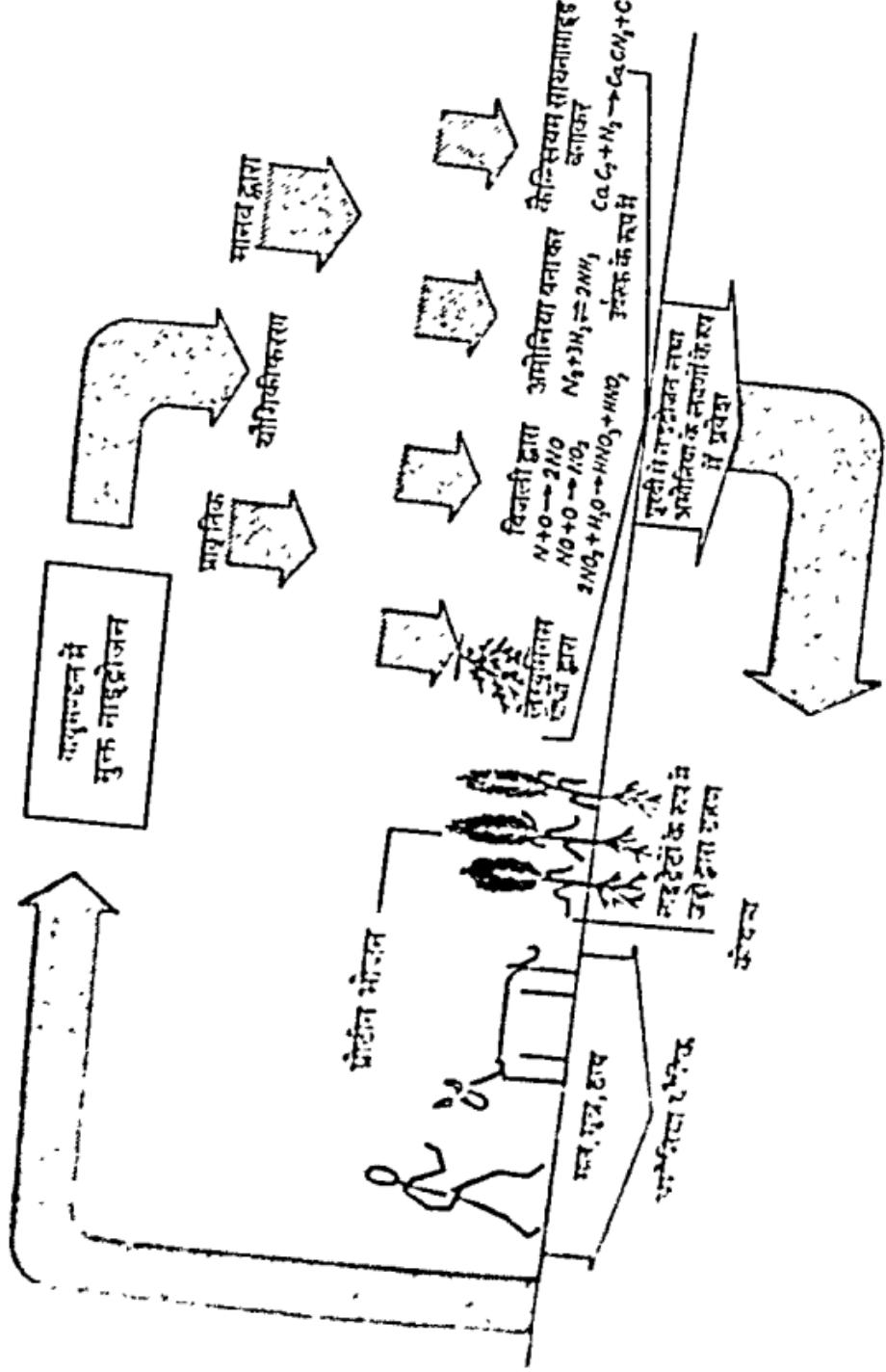
इस विधि की रूपरेखा तुम अमोनिया के अध्ययन के समय पढ़ चुके हो। इसका विस्तृत विवरण तुम अगली कक्षाओं में पढ़ोगे।

अमोनिया से अमोनियम सल्फेट उर्वरक प्राप्त किया जाता है।

नाइट्रोजन के यौगिकीकरण की उपरोक्त प्राकृतिक व मानव द्वारा प्रयुक्त प्रक्रियाओं से प्राप्त नाइट्रोजन यौगिक अनेकों प्राकृतिक प्रक्रियाओं में विश्लेषित भी होते रहते हैं। इस प्रकार नाइट्रोजन के यौगिकीकरण व मुक्त अवस्था में आते-जाते रहने को नाइट्रोजन के चक्र के रूप में प्रदर्शित कर सकते हैं जैसा चित्र 13.10 में दर्शाया गया है।

पुनरावलोकन

पृथ्वी के गैसीय वातावरण का सबसे अधिक मात्रा में स्वतन्त्र रूप से पाया जाने वाला तत्त्व नाइट्रोजन है। अन्य गैसों की तुलना में अक्रिय होते हुए भी इसका यौगिकों के रूप में बड़ा महत्त्व है। मनुष्य जीवन को दीर्घकाय बनाने में भी नियन्त्रित करने वाली हारमोन थाइरोक्सिन भी नाइट्रोजन का जटिल यौगिक है। पेड़-पौधों में पाया जाने वाला पर्णहरित मनुष्य और पशुओं के रक्त को लाल बनाने वाला जटिल यौगिक है। यही नहीं, पृथ्वी की उर्वरा शक्ति को बनाये रखने वाले प्राकृतिक खाद तथा रासायनिक उर्वरक—जैसे अमोनियम सल्फेट, अमोनियम नाइट्रेट, कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट, यूरिया, आदि, आदि यौगिकों में भी नाइट्रोजन प्रमुख तत्त्व है।

प्रयोगशाला में नाइट्रोजन वायु एवं यौगिक दोनों स्रोतों से प्राप्त की जाती है। यह गैस उच्च ताप पर मैग्नीशियम, कैल्सियम, एवं एल्यूमिनियम धातुओं से क्रिया कर नाइट्राइड यौगिक बनाती है जो जल से विच्छेदित होकर अमोनिया निकालते हैं। नाइट्रोजन की अक्रियशीलता के कारण इसको विद्युत बल्बों में भरा जाता है। प्रयोगशाला एवं उद्योगों में उपयोग किये जाने वाले नाइट्रोजन के प्रमुख यौगिक 'अमोनिया' एवं 'नाइट्रिक अम्ल' नाइट्रोजन गैस से संश्लेषित किये जाते हैं। उद्योगशालाओं में अमोनिया बनाने की "हैबर विधि" तथा नाइट्रिक अम्ल बनाने की "ओस्टवाल्ड" तथा "बर्कलैण्ड-आइड" विधि अधिक प्रचलित हैं।

अमोनिया का उपयोग प्रयोगशाला मे एक प्रतिकारक के रूप मे तथा नाइट्रिक अम्ल का उपयोग एक ऑक्सीकारक के रूप मे किया जाता है। अमोनिकृत जल सफाई करने के काम भी आता है। ध्वंसात्मक कार्यों तथा युद्ध मे दुश्मन को परास्त करने मे सहायक यौगिक टी. एन. टी. व डायनेमाइट बनाने मे भी नाइट्रिक अम्ल काफी उपयोग किया जाता है। प्रकृति मे नाइट्रोजन की उत्पत्ति एव उपर्युक्त की जाने वाली कई क्रियाएं पेड-पौधो तथा हवा मे पाये जाने वाले विषाणुओ द्वारा होती रहती है। यह सभी क्रियाएं सामूहिक रूप मे नाइट्रोजन चक्र बनाती हैं।

नाइट्रोजन परमाणुओ के बाहरी कक्ष मे पाच इलेक्ट्रॉन रहते हैं।

अध्ययन प्रश्न

1. नाइट्रोजन को सर्व प्रथम शुद्ध अवस्था मे किसने प्राप्त किया था? कौन-कौनसे प्राकृतिक यौगिको मे नाइट्रोजन सयुक्त अवस्था मे पायी जाती है?
2. यौगिको मे नाइट्रोजन प्राप्त करने की दो सतुलित रासायनिक क्रियाओ को लिखो।
3. कैल्सियम कार्बाइड से कैल्सियम साइनेमाइड बनाने के रासायनिक समीकरण लिखो।
4. विभिन्न परिस्थितियो मे अमोनिया क्लोरीन से किस प्रकार क्रिया करती है, समीकरण द्वारा बताओ।
5. नाइट्रिक अम्ल का ऑक्सीकरण गुण प्रदर्शित करने के लिए समीकरण लिखो।
6. यदि एक बोतल मे नाइट्रोजन भरी हुई है तो उसे कैसे पहचानोगे?
7. नाइट्रिक अम्ल प्रयोगशाला मे रखा-रखा पीला क्यों हो जाता है?
8. नाइट्रिक अम्ल हाथ पर लगने के बाद निशान क्यो बना देता है?
9. नाइट्रोजन से अमोनिया तथा अमोनिया से नाइट्रिक अम्ल बनाने का सतुलित रासायनिक समीकरण लिखो।
10. नाइट्रोजन, अमोनिया, नाइट्रिक ऑक्साइड तथा नाइट्रिक अम्ल के इलैक्ट्रॉनिक सूत्र लिखो।
11. अमोनिया को शुष्क अवस्था में प्राप्त करने के लिए किन पदार्थों का उपयोग किया जाता है तथा क्यो?

रोचक प्रयोग तथा परियोजनाएं

1. मूग अथवा मटर के पौधो की जडो का अवलोकन करो। यदि उसमे गांठे हो तो उनको तोड़कर नाइट्रोजन फिक्सिंग जीवाणुओं का अध्ययन करो।
2. पांच ग्राम सोडियम नाइट्राइट तथा पाच ग्राम अमोनियम क्लोराइड से मानक ताप तथा दाब पर कितने आयतन नाइट्रोजन निकलती है, ज्ञात करो।
3. प्रयोगशाला मे किसी धातु के नाइट्राइड की एक ग्राम मात्रा से अमोनिया प्राप्त करने की परियोजना बनाओ।
4. अमोनिया गैस से भरे जार मे एक तप्त प्लैटिनम तार की कुण्डली ले जाओ तथा उसमें बनने वाली गैस की जांच करो।

अभ्यास प्रश्न

1. यह अमोनिया का गुण नही है कि यह
   (अ) रगहीन है।
   (ब) गीला लिटमस नीला कर देती है।

(स) वायु में न जल कर ऑक्सीजन में जलती है।
(द) एक तीव्र ऑक्सीकारक पदार्थ है।
(ई) हाइड्रोजन क्लोराइड के साथ श्वेत धुआं देती है। ( )

2. वायु से प्राप्त हुई नाइट्रोजन शुद्ध नाइट्रोजन से भिन्न है क्योंकि
(1) उसमे अक्रिय गैसें होती हैं जैसे आरगन।
(2) उसका घनत्व कुछ कम होता है।
(3) उसमे विभिन्न आइसोटोप होते हैं।
(4) वह एक मिश्रण है, तत्व नही।
इसमे कौनसी विकल्पनाए सत्य है—
(अ) केवल 1 व 4।
(ब) केवल 1, 2 व 4।
(स) केवल 1 व 3।
(द) चारो।
(इ) कोई दूसरा सयोग। ( )

3. अमोनिया के ऑक्सीकरण से प्राप्त कर सकते है
(अ) प्रत्येक अवस्था मे केवल नाइट्रोजन।
(ब) प्रत्येक अवस्था मे केवल नाइट्रिक अम्ल।
(स) नाइट्रोजन अथवा नाइट्रोजन के ऑक्साइड।
(द) केवल नाइट्रोजन के ऑक्साइड.
(इ) प्लैटिनम उत्प्रेरक की उपस्थिति मे नाइट्रोजन। ( )

4. अमोनियम क्लोराइड से सोडियम क्लोराइड अलग करने के लिए प्रयोग कर सकते हैं—
(अ) प्रभाजी क्रिस्टलन।
(ब) ऊर्ध्वपातन।
(स) पृथक्कारी कीप।
(द) विलयन का प्रभाजी आसवन।
(इ) सोडियम क्लोराइड के लिए बेन्जीन विलेय। ( )

5. एक ट्यूब सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ नाइट्रोजन व हाइड्रोजन का एक मिश्रण (आयतन से 1 : 3) लिया। इस मिश्रण में विद्युत-स्फुलिंग प्रवाहित किया। क्या क्रिया होगी?
(अ) उत्क्रमणीय अभिक्रिया से गैसो का कुछ अंश अमोनिया मे परिवर्तित हो गया।
(ब) सारी गैस अमोनिया बन गयी (2 आयतन)।
(स) अमोनियम सल्फेट बन गया।
(द) नाइट्रोजन, हाइड्रोजन व अमोनिया का एक उत्क्रमणीय मिश्रण बन गया।
(इ) कोई क्रिया नही हुई। ( )

6. कौनसा जल शोषक दी हुई गैस के लिए उपयुक्त नहीं है?
(अ) अमोनिया, कैल्शियम आक्साइड।
(ब) हाइड्रोजन सल्फाइड, सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल।

(स) हाइड्रोजन क्लोराइड, सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल।

(द) कार्बन डाइऑक्साइड, कैल्सियम क्लोराइड।

(इ) हाइड्रोजन, कैल्सियम क्लोराइड। ( )

7. शुद्ध नाइट्रिक अम्ल रंगहीन होता है परन्तु धधूम नाइट्रिक अम्ल पीला अथवा भूरा होता है। यह रंग क्यों होता है और इसे किस प्रकार दूर करते है ?

(अ) नाइट्रोजन डाइऑक्साइड, अम्ल में वायु फूंक कर।

(ब) नाइट्रोजन मोनोक्साइड, अम्ल जल में मिलाकर।

(स) नाइट्रोजन डाइऑक्साइड, जल में अम्ल मिलाकर।

(द) नाइट्रोजन ऑक्साइड, एक विरंजक का प्रयोग कर।

(इ) अशुद्धियां, प्रभाजी आसवन। ( )

8. अमोनियम सल्फेट उर्वरक का उपयोग चूने के साथ नही करना चाहिए क्योंकि

(अ) चूना एक उर्वरक नहीं है।

(ब) दोनों पदार्थ क्रिया करके अमोनिया देते हैं।

(स) अमोनिया गैस का शोषक चूना होता है।

(द) उभय अपघटन से अविलेय कैल्सियम सल्फेट बनता है जो पौधों को मार देता है।

(इ) चूना क्षारीय है और अमोनियम सल्फेट अम्लीय। ( )

9 एक रंगहीन, स्वादहीन व गंधहीन गैस अज्वलनशील है, सूचक-पत्र का रंग नही बदलती और मैग्नीशियम को जलने में सहायता देती है। वह गैस है

(अ) कार्बन डाइऑक्साइड।

(ब) नाइट्रोजन।

(स) अमोनिया।

(द) सल्फर डाइऑक्साइड।

(इ) अक्रिय गैस, जैसे आरगन। ( )

10 किप उपकरण से कौनसी गैस प्राप्त कर सकते हैं ?

(1) कार्बन डाइऑक्साइड।

(2) क्लोरीन।

(3) सल्फर डाइऑक्साइड।

(4) अमोनिया।

(5) हाइड्रोजन सल्फाइड।

(अ) केवल 1, 2 व 5।

(ब) केवल 1 व 5।

(स) 4 के अतिरिक्त सारी।

(द) केवल 2 व 5।

(इ) कोई और संयोग। ( )

11. यदि तुम्हारे पास केवल सोडियम नाइट्रेट, अमोनियम सल्फेट व बुझा हुआ चूना के अतिरिक्त

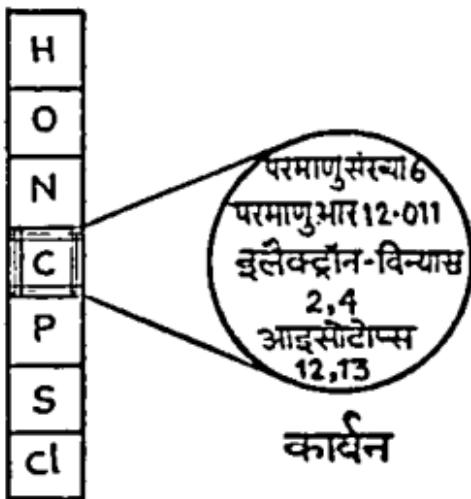
और कोई रासायनिक पदार्थ न हो तो तुम कौन-कौनसी गैस प्राप्त कर सकते हो ?

(1) ऑक्सीजन।
(2) अमोनिया।
(3) सल्फर डाइऑक्साइड।
(4) डाइनाइट्रोजन मोनोक्साइड।
(5) नाइट्रोजन।

(अ) पाँचों गैस।
(ब) नाइट्रोजन के अतिरिक्त सारी।
(स) N_2O के अतिरिक्त सारी।
(द) सल्फर डाइऑक्साइड के अतिरिक्त सारी।
(इ) केवल ऑक्सीजन व अमोनिया। ( )

12. नाइट्रोजन मोनोक्साइड, NO, अधिक वायु व जल मिलकर बनाते हैं :

(अ) केवल नाइट्रोजन डाइऑक्साइड।
(ब) केवल नाइट्रिक अम्ल।
(स) स्थाई अम्लों का एक मिश्रण।
(द) एक विलयन जिसमें अमोनियम नाइट्रेट होगा।
(इ) एक विलयन जिसमें NO_3^-, NO_2^- आयन और विलेय नाइट्रोजन डाइऑक्साइड होगी। ( )

[उत्तर : 1. (द) 2. (अ) 3. (स) 4. (ब) 5. (स) 6. (ब) 7. (अ) 8. (ब) 9. (ब) 10. (ब) 11. (द) 12. (ब)]

कार्बन

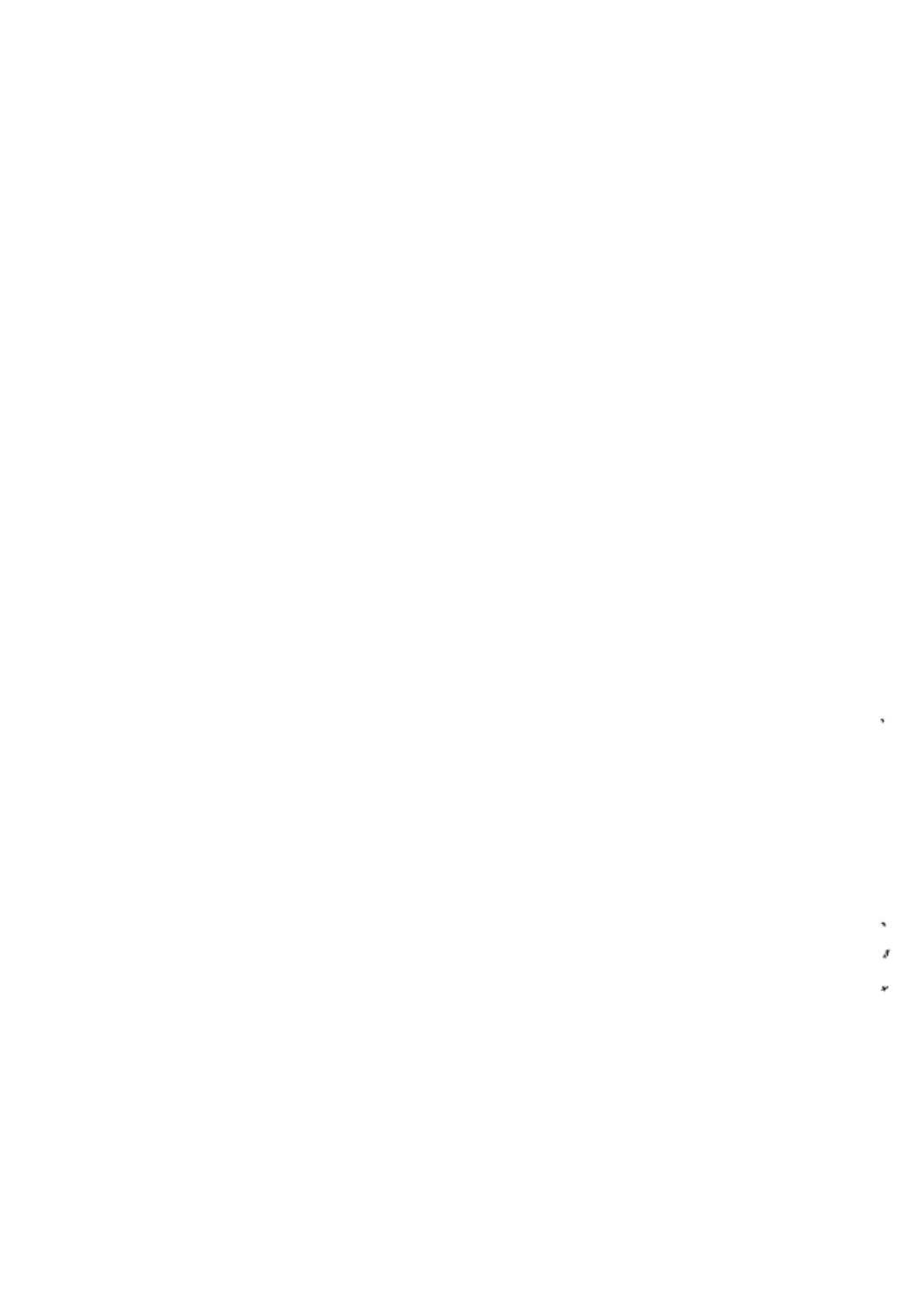
14.1 कार्बन की व्यापकता व विलक्षण गुण

साधारणतः कार्बन का नाम लेते ही हमारे समक्ष कोयला आ जाता है। कोयला कार्बन का एक अशुद्ध रूप है और इसको हवा में जलाने पर कार्बन डाइऑक्साइड बनती है।

हम सब कार्बन के बने हैं

हमारा शरीर मुख्य रूप से कार्बन के यौगिकों से बना है। हड्डियाँ कैल्शियम कार्बोनेट से, बाल, नाखून, रुधिर, त्वचा, व समस्त मांस कार्बन के यौगिक अनेकों प्रोटीनों से बने हैं। हम सब कार्य भी कार्बन के यौगिकों की क्रियाओं से उत्पन्न ऊर्जा के कारण ही कर पाते हैं।

हमारे दैनिक जीवन की वस्तुएं अधिकतर कार्बन के यौगिक हैं

हमारे चारों ओर अनेकों ऐसे पदार्थ हैं जिनका कार्बन ही मुख्य अवयव है जैसे कपड़े व लिखने के कागज, सैलूलोज, शर्करा आदि के यौगिक हैं। [illegible] है कि कार्बन के यौगिक के

प्रयोग—एक परखनली में कुछ चूने का पानी ले लो और उसमें एक नली की सहायता से फूंको। तुम क्या देखते हो? चूने का पानी दूधिया हो जाना क्या दर्शाता है?

स्पष्ट है कि हम जब श्वास बाहर निकालते हैं तब उसमें कार्बन डाइऑक्साइड होती है, इसी कारण से चूने का पानी दूधिया हो जाता है। हमारे शरीर में मन्द ऑक्सीकरण की क्रिया निरन्तर चलती रहती है। जो भोजन हम करते हैं उसके कार्बन के परमाणु श्वास द्वारा अन्दर आयी ऑक्सीजन से मिलकर कार्बन डाइऑक्साइड बनाते हैं। इस रासायनिक क्रिया में ऊर्जा (या ताप) उत्पन्न होती है। इसी कारण हमारा शरीर गरम बना रहता है। तुमने देखा कि किस प्रकार कार्बन तत्त्व हमारे अस्तित्व के लिए एक महत्वपूर्ण तत्त्व है।

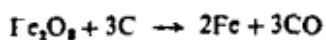
कार्बन में अपचयन का भी एक बड़ा गुण है। इस गुण का भी बड़े-बड़े उद्योगों में उपयोग किया जाता है।

मानव का विकास भी कार्बन के कारण? कैसे?

प्रयोग—एक कोयले का बड़ा टुकड़ा लो और उस पर एक छोटा सा गड्ढा कर लो। इस गड्ढे में लैड ऑक्साइड और कोयले के पाउडर को मिला कर भर दो। अब एक फूंकनी की सहायता से इस मिश्रण को तेज गरम करो। तुम देखोगे कि थोड़े समय बाद लैड ऑक्साइड एक सीसे की पिघली हुई बूंद में परिवर्तित हो जाता है। लैड ऑक्साइड के सीसे में बदलने में क्या क्रिया हुई?

$$Pb_3O_4 + 2C \rightarrow 3Pb + 2CO_2$$

इस उपर्युक्त क्रिया में लैड ऑक्साइड कार्बन द्वारा अपचयित होकर सीसे में परिवर्तित हो गया। इस प्रकार कार्बन लोहे के ऑक्साइड को लोहे में अपचयित करने में काम में लिया जाता है।

$$Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$$

पाषाण तथा ताम्र युग में मानव की उन्नति का श्रेय यदि कार्बन के इस अपचयित करने के गुण को दें तो अनुचित न होगा। यदि लोहे को प्राप्त करने का सुलभ साधन कार्बन न हो तो सम्भवत: आज रेल के इंजन तथा असंख्य लोहे की मशीनें बनने में न जाने कितनी सदियां और लगतीं।

14.2 कार्बन के विभिन्न रूप भी होते हैं

सदियों से शक्ति देने वाला मानव का विश्वस्त साधन

प्राचीन काल से कोयले व लकड़ी का उपयोग ताप उत्पन्न करने में किया जाता रहा है। यद्यपि आधुनिक युग में ताप अथवा ऊर्जा प्राप्त करने के अन्य साधन भी काम में लिये जाते हैं—जैसे परमाणु शक्ति, डायनेमो, जल विद्युत संयत्र, आदि—किन्तु अब भी हमारे काम में आने वाले ईंधन जैसे कोयला, लकड़ी, गोबर, डीजल, पेट्रोल, आदि में कार्बन के यौगिकों के ऑक्सीकरण से ही ऊष्मा प्राप्त होती है। अत: यह कहना अतिशयोक्ति नहीं होगी कि अब भी शक्ति प्राप्त करने का बहुत बड़ा स्रोत कार्बन के यौगिक ही हैं।

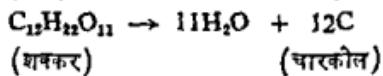
कोयले (चारकोल) के विभिन्न रूप—इसके तीन प्रमुख रूप प्रकृति में मिलते हैं—

(1) **काष्ठ चारकोल**—तुम जानते हो कि लकड़ी से यह कोयला बनाया जाता है।

लकड़ी के लट्ठों का ढेर लगाकर उस पर हरे पत्ते आदि डालकर मिट्टी बिछा दी जाती है। इस ढेर में ऊपर की ओर तथा नीचे वायु आने-जाने के द्वार रखते हैं। फिर इसमें नीचे से आग लगा दी जाती है। लकड़ी अपर्याप्त हवा की उपस्थिति में जलती है और कुछ दिनों में कोयले में परिवर्तित हो जाती है। यह लकड़ी का कोयला कहलाता है।

इस प्रकार का कोयला सरन्ध्र और मुलायम होता है। यह जलाने में तो काम आता ही है, इसका एक बहुत महत्वपूर्ण उपयोग यह है कि यह गैसों व रंगों के अवशोषण में प्रयोग में लिया जाता है। बारूद बनाने, पीने के जल को शुद्ध करने व अपचायक के रूप में भी इसका उपयोग किया जाता है।

(2) **शर्करा चारकोल**—सान्द्र गंधक के अम्ल में जल सोखने का गुण है। शक्कर में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के परमाणु उसी अनुपात में हैं जितने जल में होते हैं। अतः सान्द्र गंधक का अम्ल शक्कर में से उन परमाणुओं को पानी के रूप में ले लेता है और शर्करा चारकोल पीछे बच रहता है जिसे धोकर साफ कर सकते हैं।

$$C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 11H_2O + 12C$$

(शक्कर) (चारकोल)

शक्कर की गर्म और गाढ़ी चाशनी में सावधानी से सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल डालने से भी काले पदार्थ के रूप में जल्दी से शर्करा चारकोल प्राप्त किया जा सकता है।

(3) **जान्तव चारकोल**—अस्थि चारकोल हड्डियों के भंजक आसवन से तैयार किया जाता है। हड्डियों को स्टील के बन्द रिटॉर्ट में रख कर तेज गरम करने से कार्बन तथा कैल्सियम फास्फेट शेष बच रहता है। इस मिश्रण को सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ उबालने से कैल्सियम फॉस्फेट उसमें घुल जाता है और पीछे अस्थि चारकोल बच रहता है। यदि हाथी के दांत से इसी प्रकार चारकोल तैयार करें तो वह गजदंत काजल कहलाता है।

पत्थर का कोयला पत्थर से नहीं, प्राचीन काल की वनस्पति व जन्तुओं के शरीरों से बना है। ऐसा माना जाता है कि पृथ्वी में जिसको हम पत्थर का कोयला कहते हैं वह घने जंगलों के जमीन में धँस जाने के कारण बना है। चूंकि यह पत्थर के समान कड़ा होता है अतः इसको पत्थर का कोयला कहते हैं। पर वास्तव में इसका उद्‌गम जान्तव पदार्थों से ही हुआ होगा। जब जंगल के जगल जमीन में धँस गए तो वहां उन पर ऊपर की मिट्टी व पत्थर का बहुत दाब पड़ा। साथ ही पृथ्वी के अन्दर की ऊष्मा से हवा की अनुपस्थिति से पेड़ों के ठूंठ कठोर कोयले में परिवर्तित हो गए। यो जमीन से निकाला जाने वाला पत्थर का कोयला भी चार रूपों में मिलता है—

(क) **पीट**—इसमें करीब 60% कार्बन होता है। इसमें लकड़ी के रेशे भी देखे जा सकते हैं। यह घटिया प्रकार का कोयला माना जाता है क्योंकि जलाने पर काफी धुँआ देता है व जलाने पर इसमें काफी ताप नहीं उत्पन्न होता है।

(ख) **लिग्नाइट**—इसको भूरा कोयला भी कहते हैं। यह पीट से उत्तम माना जाता है क्योंकि उसकी अपेक्षा अधिक ताप व कम धुँआ देता है। इसमें लगभग 67% कार्बन होता है।

(ग) **बिटुमिन**—यह काला व कठोर होता है। इसमें लगभग 80% कार्बन होता है:

इससे जलाने पर प्रारंभ मे ही अधिक धुआ निकलता है।

(घ) एन्थ्रासाइट—यह पत्थर के कोयले का सर्वश्रेष्ठ रूप है। यह अत्यन्त कठोर व भगुर होता है। इसमे लगभग 90% कार्बन होता है। इसको जलाना कठिन होता है। पर एक बार जलाने पर बहुत समय तक तीव्र आंच देता है। रेल के इंजिन व अन्य उद्योगो मे तीव्र ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए इसका उपयोग किया जाता है। जलाने पर यह बहुत कम धुआ देता है।

14.3 संसार के अनमोल हीरे व मूल्यवान ग्रेफाइट भी कार्बन के ही क्रिस्टलीय रूप हैं

तुम हीरे व ग्रेफाइट के गुणों से परिचित हो। हीरे तराशे जाने पर अपनी आभा के कारण प्राचीन काल से ही बहुमूल्य रहे हैं। इनको प्राप्त करने व इनका स्वामित्व बनाए रखने के लिए धनहीन व धनवान, राजा व महाराजाओ मे झगडो व लडाइयों से ससार का इतिहास भरा पडा है। इनका क्रय-विक्रय 'कैरट' के नाप से किया जाता है जो एक ग्राम का लगभग पाँचवा भाग होता है। ससार का सबसे बडा हीरा ($1\frac{1}{2}$ पौंड भार) दक्षिण अफ्रीका मे 1905 मे प्राप्त हुआ था जो कटकर 800 कैरट के *'कुलिनन' हीरे के रूप में ब्रिटेन के राजा एडवर्ड को भेंट किया गया।* ससार के सर्वशुद्ध हीरे 'रीजेन्ट' का भार $135\frac{1}{2}$ कैरट है तथा वह प्राचीन फ्रांसीसी राजा के राजमुकुट मे लगा है। भारत का हीरा 'कोहिनूर' इतिहास प्रसिद्ध है।

लेवोशिये ने जिन्होने दहन की क्रिया को समझने के लिए इकाई 1 मे वर्णित प्रयोग किये थे, प्रथम बार लेन्स से सूर्य की किरणो को केन्द्रित करके हीरे को जलाकर देखा तथा डेवी (1814) ने इस प्रयोग से कि हीरे को जलाने से केवल कार्बन डाइआक्साइड प्राप्त होती है यह निष्कर्ष निकाला कि हीरा कार्बन का ही क्रिस्टलीय रूप है।

कार्बन किस प्रकार क्रिस्टलीय रूप धारण करके हीरे मे परिवर्तित हो जाता है?

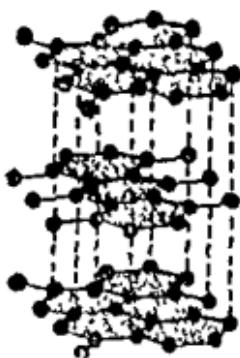
कार्बन को पिघलाना इतना कठिन है कि केवल कुछ वर्ष पहले ही इसने उच्च दाब व ताप पर ही इसमे सफलता प्राप्त हुई है। 4347° सें. तक गर्म करने पर यह सीधे ही वाष्प के रूप मे परिणित हो जाता है। केवल पिघले हुए लोहे को छोड कर कार्बन किसी भी पदार्थ मे अविलेय है। मोयसा नामक फ्रांसीसी वैज्ञानिक ने 3500° सें. पर तपाकर, कार्बन व लोहे को ग्रेफाइट क्रूसिबिल मे पिघला कर क्रूसिबिल को पिघले हुए सीसे मे डुबो कर कार्बन से हीरे बनाने का प्रयत्न किया तथा सम्भवत उन्हें इसमे सफलता भी मिली, यद्यपि केवल अत्यन्त सूक्ष्म मात्रा मे ही हीरे बने। 1957 से अमरीका मे औद्योगिक स्तर पर कृत्रिम हीरों का उत्पादन प्रारम्भ हो गया है किन्तु इसकी प्रक्रिया प्रकाशित नहीं की गई है। हीरा ससार मे लगभग सभी पदार्थों मे अधिक कड़ी वस्तु होने का कारण इसके क्रिस्टलीय रूप मे कार्बन के परमाणु के प्रबन्ध को ही माना जाता है। अनेको अनुसधानो के पश्चात् यह प्रबन्ध चित्र 14.2 के अनुसार दर्शाया जा सकता है।

चित्र 14.2—हीरे में कार्बन का परमाणु प्रबन्ध

सारणी 14.1

कार्बन के अपररूप

गुण	क्रिस्टलीय		अक्रिस्टलीय						
			कोयला				चारकोल		काजल
	हीरा	ग्रेफाइट	पीट	लिगनाइट	बिटुमिन	एन्थ्रासाइट	काष्ठ	जन्तु (हड्डियों का)	
रंग	रंगहीन पारदर्शक	गहरा स्लेटी	काला	भूरा	काला	काला	काला	काला	काला
कार्बन की लगभग प्रतिशतता	100	95 97	60	67	80	90	...	...	98 6%
घनत्व (लगभग)	3·52	2·25	...	...	...	...	1·5	...	...
कठोरता	कठोरतम पदार्थ	कोमल	कठोर	कठोर	कठोर	कठोर	कोमल	कोमल	कोमल
विद्युत चालकता	कुचालक	सुचालक	कुचालक	कुचालक	कुचालक	कुचालक	कुचालक	कुचालक	कुचालक

कार्बन का दूसरा क्रिस्टलीय रूप ग्रेफाइट इतना मुलायम व चिकना पदार्थ है कि कैमरों, घड़ियों जैसे सूक्ष्म यंत्रों में सूखे तेल (Dry Lubricant) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। पेन्सिलों में सुरमे के रूप में तो इसका प्रयोग तुम्हें ज्ञात ही है। यह विद्युत का सुचालक है व बैटरियों की प्लेट, विद्युत उपकरणों के इलेक्ट्रोड व 'कार्बन आर्क' के लिए छड़ें बनाने के लिए भी प्रयुक्त किया जाता है। अनुसंधानों के फलस्वरूप यह ज्ञात किया गया कि इसके क्रिस्टलों में कार्बन परमाणुओं का प्रबन्ध चित्र 14.3 के अनुसार परतदार होता है तथा इसकी चिकनाई इसी कारण होती है कि इसकी ये आन्तरिक परमाणु परतें एक दूसरे पर सरलता पूर्वक फिसल सकती हैं। इस प्रकार हम देखते हैं कि कार्बन अपने परमाणुओं के विभिन्न प्रबन्ध के परिणाम स्वरूप अनेकों रूप धारण कर लेता है। किसी भी पदार्थ द्वारा प्रदर्शित ऐसे गुण को अपररूपता कहते हैं। कार्बन के अपररूपों की जानकारी हम सुव्यवस्थित रूप में सारणी 14.1 के रूप में क्रमबद्ध कर सकते हैं।

चित्र 14.3—ग्रेफाइट में कार्बन के परमाणुओं का परतदार प्रबन्ध

कार्बन डाइऑक्साइड

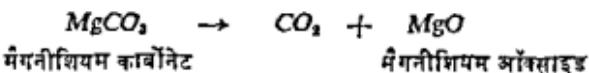
15 4 स्काटलैंड निवासी डाक्टर द्वारा कार्बन डाइऑक्साइड की खोज

सन् 1754 में जोसेफ ब्लेक नाम के स्काटलैंड के एक डाक्टर के द्वारा इस गैस की खोज हुई थी। इसकी एक मनोरंजक कहानी है।

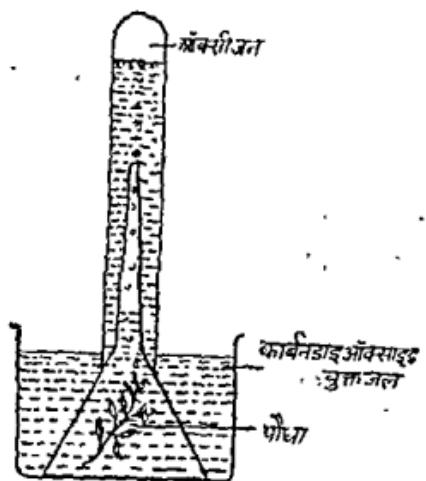
स्काटलैंड के आयुर्विज्ञान के दो प्रोफेसरों के बीच यह विवाद उठ खड़ा हुआ कि चूने के पत्थर से प्राप्त चूने अथवा सीप कवच को गरम करने से प्राप्त पदार्थ से चूने का जल बनाने पर कौनसा औषधि के लिए अधिक उपयुक्त रहेगा? वे यह जानते थे कि चूने का जल साधारण चूने को पानी में घोल कर भी तैयार किया जा सकता है और सीप को तेज भट्टी में गरम करने पर जो पदार्थ बच रहता है उसमें भी चूने का पानी तैयार किया जा सकता है।

जोसेफ ब्लेक महाशय ने जब इस समस्या के बारे में चल रहे विवाद को सुना तो उन्होंने एक सच्चे वैज्ञानिक की तरह इसकी जाँच करने का निश्चय किया। उन्होंने चूने का पत्थर तथा सीप कवच के अतिरिक्त अनेकों पदार्थ (कार्बोनेट) लिये। उनको गरम करके उनसे प्राप्त गैसों की परीक्षा की। ऐसा करते हुए 1754 में उसने मैगनीशियम कार्बोनेट को गरम किया और सर्वप्रथम शुद्ध कार्बन डाइऑक्साइड गैस प्राप्त की।

$$MgCO_3 \rightarrow CO_2 + MgO$$

मैगनीशियम कार्बोनेट मैगनीशियम ऑक्साइड

14.6 कार्बन डाइऑक्साइड जीवन और विनाश की गैस

प्राणियों के जीवित रहने के लिए यह गैस कैसे आवश्यक है? यदि वायुमण्डल में इस गैस की अल्पमात्रा में ही सही यानी 0.04 प्रतिशत उपस्थिति नहीं होती तो पृथ्वी पर जीवन सम्भव नहीं होता।

प्रयोग —इसको भली प्रकार समझने के लिए एक प्रयोग करो। एक बीकर में कुछ पानी लो जिसमें पहले नली द्वारा मुह से फूक कर काफी कार्बन डाइआक्साइड प्रवाहित की गई हो। (यह गैस जल में घुलनशील है।) इसमे कुछ ऐसे पौधे रख दो जो जल मे उगते हैं। वैसे यह प्रयोग साधारण जमीन पर उगने वाले पौधों से भी किया जा सकता है किन्तु तब परिणाम देखने के लिए बहुत प्रतीक्षा करनी होगी। इन पौधों को बीकर वाले जल में डाल कर ऊपर फनल रख दो और फनल पर जल से भर कर परखनली उलट दो (चित्र 14.4)। अब सारे उपकरण को कुछ घंटों के लिए धूप में रख दो। कुछ घंटो में परखनली मे ऑक्सीजन गैस एकत्र हो जायेगी। इस प्रकार सूर्य के प्रकाश में वनस्पति जगत वायुमण्डल के कार्बन डाइऑक्साइड लेकर स्टार्च, शक्कर, आदि बनाते है जो हमारा भोजन है। यदि वायुमण्डल मे यह 0 04% कार्बन डाइऑक्साइड नही होती तो पौधे हमारे लिए भोजन नही तैयार कर सकते और वे भी स्वयं कुछ समय बाद मुरझा जाते। अतः कार्बन डाइऑक्साइड जीवनदायिनी गैस सिद्ध होती है। इसके विपरीत यदि कार्बन डाइऑक्साइड से भरे जार मे यदि कोई चिड़िया या कीड़ा रखें तो कुछ सेकण्ड मे ही वह मर जायेगा। हवा मे कार्बन डाइऑक्साइड गैस का प्रतिशत बढ जाने पर वह घातक हो सकती है।

चित्र 14 4—प्रकाश-संश्लेषण

वायुमण्डल मे मनुष्यों व पशु-पक्षियों द्वारा निरन्तर श्वास क्रिया से कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा बढ़ती रहती है। हमारे ऊतकों में उपस्थित कार्बन यौगिको से श्वास क्रिया द्वारा कार्बन ऑक्सीजन से संयोग करती है। श्वास क्रिया मे जो ऑक्सीजन युक्त हवा अन्दर लेते हैं उसमें से कुछ कार्बन डाइऑक्साइड मे परिवर्तित हो जाती है। इस तरह प्रत्येक श्वास क्रिया मे गैस की मात्रा करीब दुगुनी हो जाती है और ऑक्सीजन की मात्रा करीब 21% से घटकर 16% ही रह जाती है।

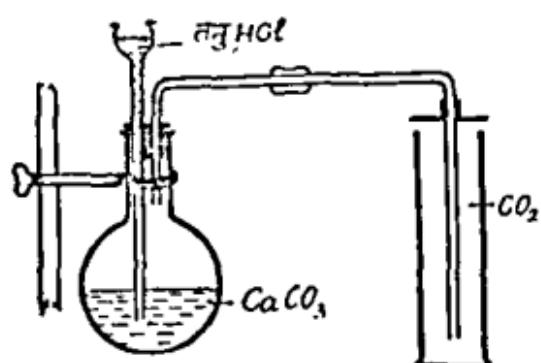
जब वस्तुएँ जलती हैं तब भी हवा की ऑक्सीजन कार्बन के साथ संयोग कर कार्बन डाइऑक्साइड बनाती है। पदार्थों के सड़ने, गलने, किण्वन, आदि से भी ऑक्सीजन की मात्रा कम होती है व कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा वायुमण्डल में बढ़ती है। पर पृथ्वी तल पर उपस्थित पानी निरन्तर कार्बन डाइऑक्साइड को अपने मे घोलता रहता है। सूर्य के प्रकाश मे पेड पौधे सीधे हवा से कार्बन डाइऑक्साइड लेकर कार्बन भोजन बनाने मे उपयोग मे लाते हैं तथा ऑक्सीजन वायु को देते रहते हैं।

14.6 प्रयोगशाला में कार्बन डाइऑक्साइड कैसे बनायेंगे ?

प्रयोगशाला में चूना पत्थर ($CaCO_3$) पर तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्रिया से CO_2 गैस बनाई जाती है।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

चित्र 14.5 के अनुसार बोतल में रखे हुए चूना पत्थर के टुकड़ों को जल से ढक दिया जाता है फिर इसमें थिसिल कीप के द्वारा सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल गिराते हैं। बनने वाली कार्बन डाइऑक्साइड को हवा के ऊर्ध्वमुखी विस्थापन (Upward displacement) द्वारा गैस जार में एकत्र कर लिया जाता है।

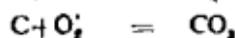
यदि गैस का निरन्तर उपयोग न हो तो किप्स उपकरण (या भारत में विकसित दूसरे प्रबन्ध) का प्रयोग कर सकते हैं जिसमें केवल तभी क्रिया होती है जब पहले बनी हुई गैस निकल चुकी होती है।

चित्र 14.5—प्रयोगशाला में कार्बन डाइऑक्साइड बनाना

कार्बन डाइऑक्साइड बनाने के लिए सल्फ्यूरिक अम्ल का उपयोग नहीं किया जाता है क्योंकि चूने के पत्थरों पर इसकी क्रिया से कैल्सियम सल्फेट बनता है जो अविलेय है और इनकी सतह को ढक लेता है। इससे आगे क्रिया नहीं हो पाती और गैस का निकलना बन्द हो जाता है।

14.7 कार्बन डाइऑक्साइड बनाने की अन्य विधियाँ

(अ) जब कार्बन अथवा किसी कार्बन युक्त पदार्थ को वायु में जलाया जाता है—जैसे मोमबत्ती, लकड़ी, आदि—तो भी यही गैस प्राप्त होती है :

$$C + O_2 = CO_2$$

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

(ब) क्षार धातुओं के कार्बोनेटों को छोड़कर अन्य धातुओं के कार्बोनेटों को गरम करने से अथवा किसी धातु के बाइकार्बोनेट को गरम करने से यह गैस बनती है :

$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 \uparrow$$

$$ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2 \uparrow$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

14.8 कार्बन डाइऑक्साइड बनाने की औद्योगिक विधियाँ

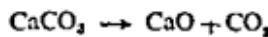
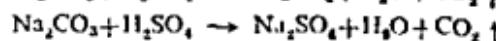
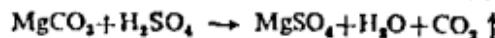
बड़े स्तर पर कार्बन डाइऑक्साइड निम्न विधियों द्वारा प्राप्त होती है :

(1) चूने के उत्पादन में उपजात के रूप में :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

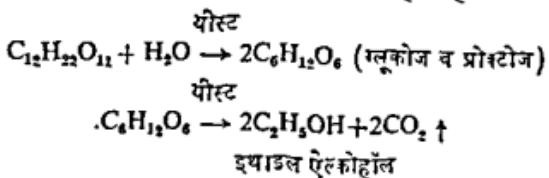
(2) मैग्नीशियम और सोडियम सल्फेट के उत्पादन में उपजात के रूप में :

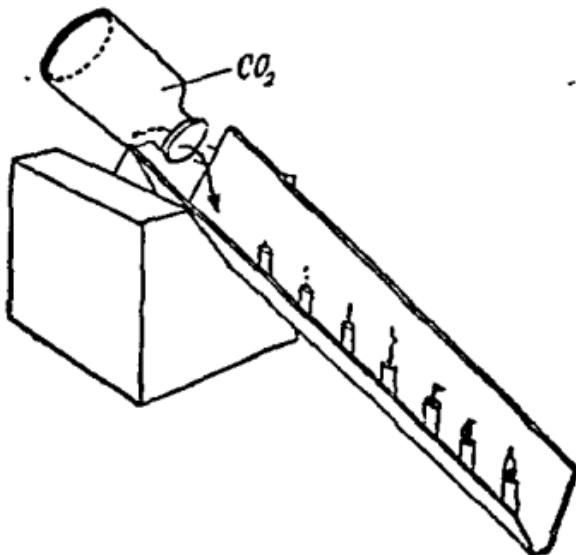
$$MgCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

(3) किण्वन (Fermentation) से ऐल्कोहॉल के उत्पादन में अथवा स्टार्च अथवा शोरे (Molasses) के किण्वन से उपजात के रूप में प्राप्त होती है :

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{यीस्ट}} 2C_6H_{12}O_6 \text{ (ग्लूकोज व फ्रोक्टोज)}$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{यीस्ट}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 \uparrow$$

इथाइल ऐल्कोहॉल

14.9 कार्बन डाइऑक्साइड के भौतिक गुण

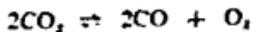
रंगहीन तथा अति मन्द गंध युक्त गैस है। हवा से लगभग ढाई गुना भारी होने के कारण पानी की भाति एक बर्तन से दूसरे बर्तन में डाली जा सकती है (चित्र 14.6)। यह पानी मे

चित्र 14.6—कार्बन डाइऑक्साइड वायु से भारी है

विलेय है। 0° सें और 40 वायुमण्डलीय दाब पर इसको द्रवित किया जा सकता है। यह विषैली नहीं है। द्रव गैस के वाष्पीकरण से ठोस कार्बन डाइऑक्साइड जिसे सूखी बर्फ कहते हैं प्राप्त होती है। जीवधारी इसमें आक्सीजन न मिलने के कारण मर जाते हैं।

14.10 कार्बन डाइऑक्साइड के रासायनिक गुण

1. स्थायित्व

कार्बन डाइऑक्साइड अति स्थायी गैस है। 1500° सें. तक गरम करने से केवल 0.32% गैस वियोजित होती है। 2000° सें. पर केवल 2% गैस का वियोजन होता है :-

$$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$$

इतने अधिक स्थायित्व के कारण ही कार्बन डाइऑक्साइड इतनी अधिक ऑक्सीजन की प्रतिशत मात्रा रखते हुए भी पदार्थों को जलाने मे सहायता नही देती। किन्तु मैग्नीशियम, सोडियम एव पोटैशियम इसमे जलकर इससे कार्बन मुक्त कर देते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड से भरे जार मे जलता हुआ मैग्नीशियम ले जाओ और दीवारो पर एकत्रित पदार्थ को ध्यान पूर्वक देखो :

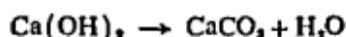
$$CO_2 + 2Mg \rightarrow 2MgO + C$$

2. अम्लीय प्रकृति

कार्बन डाइऑक्साइड का जल मे विलयन अम्लीय गुण प्रदर्शित करता है और यह नीले लिटमस को लाल कर देता है। कार्बन डाइऑक्साइड पानी मे घुलकर कार्बोनिक अम्ल बनाती है। कार्बन डाइऑक्साइड को इसीलिए कार्बोनिक ऐनहाइड्राइड (Carbonic anhydride) भी कहते हैं।

3. चूने के पानी पर क्रिया

चूने के पानी मे CO_2 प्रवाहित करने से कैल्सियम कार्बोनेट बनने के कारण पानी दूधिया हो जाता है :

$$Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

यदि गैस को अधिकता मे प्रवाहित किया जाय तो विलेय बाइकार्बोनेट बनने के कारण दूधियापन समाप्त हो जाता है :

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \text{ (घुलनशील कैल्सियम बाइकार्बोनेट)}$$

परन्तु इस विलयन को गरम किया जाय तो अविलेय दूधियापन पुनः दिखाई पड़ने लगता है। क्यो ?

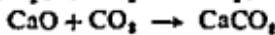
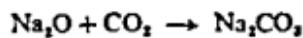
$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ताप}} CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

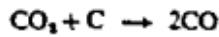
इस क्रिया को प्रयोगशाला मे कार्बोनेटो के परीक्षण के लिए किया जाता है।

4. धातुओं के ऑक्साइडों के साथ क्रिया

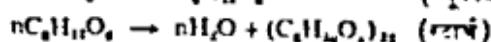
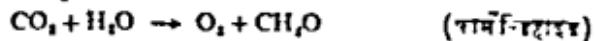
धातुओ को ऑक्साइडो के साथ संयोग करके उनके कार्बोनेट बनाती है

$$Na_2O + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3$$
$$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$$

5. अपचयन

लाल तप्त कोक, जस्त अथवा लोहे के ऊपर प्रवाहित किए जाने पर यह कार्बन मोनोक्साइड मे अपचयित हो जाती है :

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$
$$CO_2 + Zn \rightarrow ZnO + CO$$

6. प्रकाश-संश्लेषण (Photosynthesis)

नमी तथा सूर्य के प्रकाश मे पौधे पत्तो मे उपस्थित क्लोरोफिल (Chlorophyll) की सहायता से कार्बन डाइऑक्साइड अवशोषित करके द्राक्ष शर्करा (Glucose) और स्टार्च (Starch) बनाते हैं तथा ऑक्सीजन मुक्त होती है। इस क्रिया को प्रकाश-संश्लेषण कहते हैं। इसको दर्शाने के लिए प्रयोग तुम पहले कर चुके हो।

$$CO_2 + H_2O \rightarrow O_2 + CH_2O \quad \text{(फार्मेल्डिहाइड)}$$
$$6CH_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 \quad \text{(ग्लूकोज)}$$
$$nC_6H_{12}O_6 \rightarrow nH_2O + (C_6H_{10}O_5)_n \quad \text{(स्टार्च)}$$

14.11 पहचान

(1) जलती हुई मोमबत्ती कार्बन डाइऑक्साइड मे ले जाने से बुझ जाती है परन्तु जलता हुआ मैग्नीशियम का फीता (Magnesium Ribbon) इसमें जलता रहता है।

(2) यह चूने के पानी को दूधिया कर देती है। परन्तु अधिक प्रवाहित करने पर दूधिया रंग समाप्त हो जाता है।

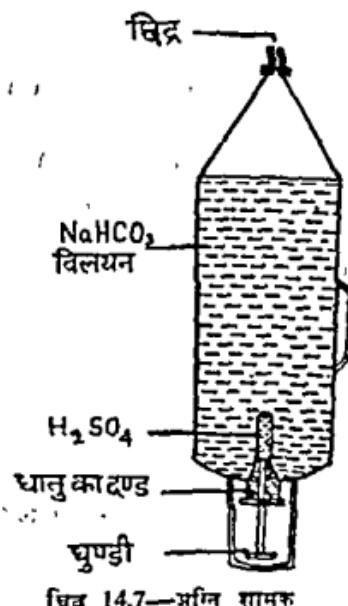
(3) CO_2 का जलीय विलयन नीले लिटमस को लाल कर देता है।

14.12 उपयोग

सोडावाटर बनाने मे, सोल्वे विधि (Solvay Process) द्वारा सोडियम कार्बोनेट के औद्योगिक निर्माण में, सफेदा के औद्योगिक निर्माण मे, एल्यूमिनियम के निष्कर्षण मे, बॉक्साइट (Bauxite) के शोधन में, बर्फ जमाने मे, ठण्डक पैदा करने मे तथा अग्नि बुझाने के यन्त्रो मे इसका उपयोग किया जाता है।

चित्र 14.7—अग्नि शामक

अग्नि शामक (Fire Extinguisher)

यह एक धातु का बर्तन होता है जिसमे सोडियम बाइकार्बोनेट का सान्द्र विलयन भरा रहता है तथा इसमे एक काच की बोतल होती है जिसमे सान्द्र अम्ल होता है (चित्र 14.7)। बोतल पर धातु की एक छड़, जिसकी घुण्डी बाहर की ओर होती है, टिकी होती है। यन्त्र को प्रयोग में लाने के लिए घुण्डी को किसी कड़े तल पर ठोकते हैं जिससे अन्दर की बोतल टूट जाती है और अम्लीय विलयन कार्बोनेट के विलयन के सम्पर्क में आ जाता है। कार्बन डाइऑक्साइड गैस अधिक दाब पर बनती है और छिद्र से तेजी से बाहर निकलती है। जिस स्थान पर अग्नि बुझानी होती है उस स्थान पर इसकी धार फेंकी जाती है जिससे अग्नि बुझ जाती है।

कार्बन मोनोक्साइड

14.13 प्रीस्टले ने कार्बन के ऐसे ऑक्साइड की खोज की जो जलता था

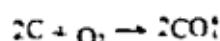
तुमने यह देखा है कि कार्बन डाइऑक्साइड एक ऐसी गैस है जो आग बुझाने के काम आती है। पर अठारहवीं शताब्दी के अन्त तक मे प्रीस्टले ने देखा कि उसकी भट्टी मे को के ऊपर एक ऐसी गैस बन रही थी जो अस्थायी रूप से नीली लौ के साथ कभी-कभी जल उठती थी। यह खोज उन्होंने अमेरिका मे की जहाँ वे धार्मिक तथा राजनीतिक अत्याचारों से बचने के लिए ब्रिटेन छोड़कर चले गए थे।

कार्बन मोनोक्साइड कैसे उत्पन्न होती है ?

प्रीस्टले ने अपने निरीक्षण व प्रयोगों से पता लगाया कि ऐसे पदार्थ जिनमे कार्बन होता है जब हवा की सीमित मात्रा में जलाये जाते है तब कार्बन डाइऑक्साइड न बनकर कार्बन मोनोक्साइड गैस बनती है

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO\uparrow$$

इसी तरह भट्टियों में जब कार्बन डाइऑक्साइड जब लाल कोयले पर प्रवाहित होती है तब भी यह गैस बनती है.

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO\uparrow$$

जब बन्द कमरे में कोयला जलाया जाता है तब भी यह जहरीली गैस उत्पन्न होती है। कभी-कभी इस प्रकार बन्द कमरा में कोयला जलाकर सो जाने पर लोगों की मृत्यु तक हो गई है।

इस तरह तुम देखोगे कि जहाँ एक ओर यह गैस कार्बन मोनोक्साइड अत्यन्त विषाक्त गैस है वहाँ दूसरी ओर इसका उपयोग ईंधन के रूप में किया जा सकता है।

तुमने ईंधन गैसों के बारे में सुना होगा। 'इन्डेन' भी इसी प्रकार की एक ईंधन गैस है जो प्रायः घरों में जलाने के काम आती है। ऐसी और भी कई गैसें हैं जो हवा, जल, कोयला, आदि सस्ते पदार्थों से तैयार की जाती है और उन्हें जला कर ताप प्राप्त किया जा सकता है। एक प्राकृतिक गैस जमीन के नीचे मिलती है। चट्टानों में छेद कर व गैस का प्रवाह नियंत्रित कर यह गैस ईंधन के रूप में काम में ली जाती है। सम्भवतः इस प्राकृतिक गैस के बनने का स्रोत जैविक पदार्थ होगा जो कोयला या पैट्रोलियम के बनने का होता है।

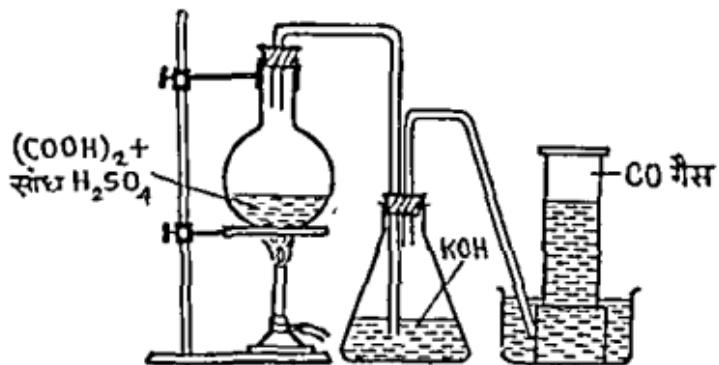
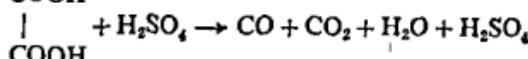
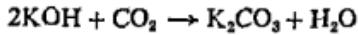
14.14 प्रयोगशाला में कार्बन मोनोक्साइड गैस कैसे बनाते हैं ?

1. **ऑक्जेलिक अम्ल से :** एक फ्लास्क में अम्ल (Oxalic acid) के क्रिस्टल लेकर, उसमें सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल डालते हैं व एक निकास नली लगा देते हैं तथा फ्लास्क को गर्म करते हैं। निकली हुई गैस को KOH से भरे कोनिकल फ्लास्क से प्रवाहित कर जल के ऊपर गैस जार में एकत्र कर लिया जाता है। KOH का विलयन क्रिया में बनने वाली CO_2 को सोख लेता है (चित्र 14.8)।

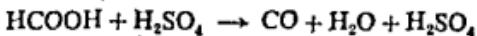
चित्र 14.8—प्रयोगशाला मे कार्बन मोनोक्साइड बनाना (ऑक्जेलिक एसिड से)

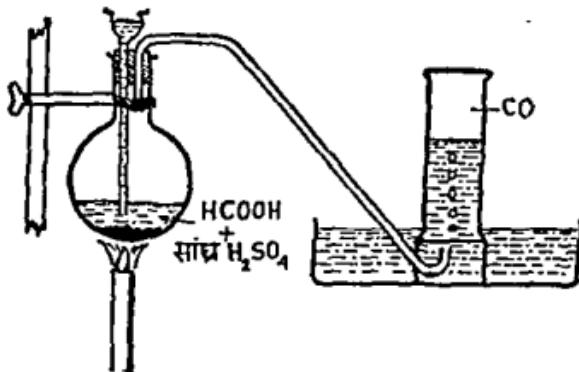
$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + H_2SO_4 \rightarrow CO + CO_2 + H_2O + H_2SO_4$$

आक्जेलिक अम्ल

$$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$$

पूर्ण शुद्ध गैस प्राप्त करने के लिए गैस को क्रमशः KOH और P_2O_5 से प्रवाहित कर पारे के ऊपर एकत्र कर लिया जाता है।

2. फॉर्मिक अम्ल से : सल्फ्यूरिक अम्ल, आक्जेलिक अम्ल की भांति ही फॉर्मिक अम्ल (H.COOH) से भी जल के अणु को शोषित कर लेता है। फलत. कार्बन मोनोक्साइड प्राप्त होती है।

$$HCOOH + H_2SO_4 \rightarrow CO + H_2O + H_2SO_4$$

फॉर्मिक अम्ल

सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल फ्लास्क में 100° सें. तक गरम किया जाता है और एक बिन्दुपाती कीप (Separating funnel) द्वारा फार्मिक अम्ल गिराया जाता है। शुष्क अवस्था में प्राप्त करने के लिए KOH पर प्रवाहित करके पारे के ऊपर एकत्र करते है (चित्र 14.9)।

चित्र 14.9—प्रयोगशाला में कार्बन मोनोक्साइड बनाना (फॉर्मिक एसिड से)

अधिक मात्रा में कार्बन मोनोक्साइड प्रोड्यूसर गैस व जल गैस के अवयव के रूप में बनती है जिसका वर्णन तुम आगे पढ़ोगे।

14.15 कार्बन मोनोक्साइड के भौतिक गुण

1. यह रंगहीन, स्वादहीन तथा मन्द मधुर गंध वाली गैस है।
2. इसका घनत्व लगभग वायु के बराबर होता है (इसका वाष्प घनत्व 14 है जब कि वायु का 14.4)
3. जल में बहुत कम विलेय है, 0° सें. पर 130 आयतन जल में केवल 3 आयतन गैस घुलती है।
4. यह 191·5° सें. पर रंगहीन द्रव में तथा 200° सें. पर ठोस में परिवर्तित हो जाती है।

कार्बन मोनोक्साइड मीठी नींद के द्वारा मृत्यु का फन्दा डाल सकती है

यह अति विषैली गैस है। इसकी थोड़ी-सी मात्रा सूंघने से सिर में चक्कर आने लगते हैं और बेहोशी आकर मृत्यु भी हो सकती है। यदि 800 आयतन वायु में एक आयतन कार्बन मोनोक्साइड

मिली गैस निरन्तर सुंघायी जाय तो 30 मिनिट के भीतर मनुष्य की मृत्यु हो सकती है। शरीर में य रक्त के हीमोग्लोबिन (Haemoglobin) में मिलकर कार्बोक्सीहीमोग्लोबिन (Carboxyhaemoglo bin) नाम का यौगिक बनाती है, जिसके कारण रक्त ऑक्सीजन लेने में असमर्थ हो जाता है परिणामस्वरूप रक्त का शोधन रुक जाता है, घुटन (Suffocation) का आभास होता है औ मौत हो जाती है।

ऐसी अनेकों घटनाएं होती हैं जब सर्दियों के दिनों में कुछ लोग कमरे में आग सुलगा कर किवाड़ और खिड़की बन्द करके सो जाते हैं। प्रातः कमरा खोलने पर वे मरे हुए मिलते हैं। कारण स्पष्ट है—आग सुलगने से कमरे की हवा में ऑक्सीजन की मात्रा धीरे-धीरे कम हो जाती है। इसके साथ-साथ कोयले के जलने से कार्बन मोनोक्साइड बनती ही रहती है जो ऐसी घटनाओं का कारण होती है।

तम्बाकू के धुएं में भी कार्बन मोनोक्साइड की बहुत थोड़ी-सी मात्रा मिली रहती है घूम्रपान करने वालों के रक्त में यह मिल जाती है। ऐसे लोगों में से बहुतों को रात में कम य बिलकुल ही न दिखाई देने का रोग (रतौंधी) हो जाता है। जो लोग दिन में 24 से अधिक सिगरेट पीते हैं या जो हुक्के का सेवन बहुत अधिक करते हैं वे भी इस रोग के शिकार बन सकते हैं।

ठण्ड के दिनों मोटर गैरेज का किवाड़ बन्द कर कभी-कभी मोटर ड्राइवर अपने आप को गर्म रखने के लिए मोटर चालू रख कर सो जाते हैं। धीरे-धीरे कार्बन मोनोक्साइड खून को दूषित करती रहती है और मृत्यु होने की घटनाएं हो जाती हैं।

कार्बन मोनोक्साइड से पीड़ित व्यक्ति को पुनः ठीक दशा में लाने के लिए 95% ऑक्सीजन तथा 5% कार्बन डाइऑक्साइड का मिश्रण श्वास दिलाने के लिए उपयोग में लाया जाता है।

चूहों पर कार्बन मोनोक्साइड का प्रभाव बहुत शीघ्र पड़ता है। अतः कोयले आदि की खानों में इसकी उपस्थिति का ज्ञान करने के लिए चूहों का उपयोग किया जाता है।

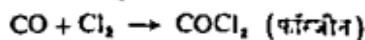
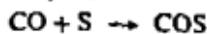
14.16 कार्बन मोनोक्साइड के रासायनिक गुण

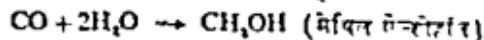
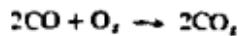
1. **अधातुओं के साथ क्रिया**—यह असतृप्त (Unsaturated) यौगिक है। अतः यह सूर्य के प्रकाश में क्लोरीन के साथ संयुक्त होकर कार्बोनिल क्लोराइड अर्थात् फॉस्जीन नामक योगात्मक (Addition) यौगिक बनाता है।

$$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2 \text{ (फॉस्जीन)}$$

फॉस्जीन अति विषैली गैस है।

इसी भांति गंधक के वाष्प से भी संयुक्त होकर कार्बोनिल सल्फाइड बनाती है :

$$CO + S \rightarrow COS$$

450° से और 2000 वायुमण्डलीय दाब पर ZnO अथवा Cr_2O_3 की उपस्थिति में हाइड्रोजन से संयोग करके मेथिल ऐल्कोहॉल बनाती है

$$CO + 2H_2O \rightarrow CH_3OH \text{ (मेथिल ऐल्कोहॉल)}$$

2. **ज्वलनशीलता**—यह ज्वलनशील है, नीली लौ के साथ वायु में जलती है। ऑक्सीजन में जलाये जाने पर विस्फोटपूर्वक जलती है। कोयले की अंगीठी जलाते समय तुमने इसकी नीली लौ अवश्य देखी होगी—

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

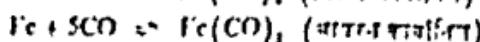
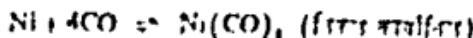
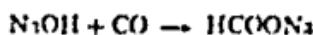
3. धातुओं के साथ क्रिया—निकेल, लोहा और कोबाल्ट के गर्म चूर्ण पर कार्बन मोनोक्साइड प्रवाहित करने पर कार्बोनिल नामक यौगिक बनते हैं :

$$Ni + 4CO \rightarrow Ni(CO)_4 \quad \text{(निकेल कार्बोनिल)}$$
$$Fe + 5CO \rightarrow Fe(CO)_5 \quad \text{(आयरन कार्बोनिल)}$$

4. अपचायक के रूप में—उच्च ताप पर यह गैस अपचायक के गुण प्रदर्शित करती है। यह गैस गर्म क्यूप्रिक ऑक्साइड और फेरिक ऑक्साइड को अपचयित कर देती है :

$$CuO + CO \rightarrow Cu + CO_2$$
$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

5. कॉस्टिक सोडा के साथ क्रिया—साधारण ताप पर कॉस्टिक सोडा के साथ कोई क्रिया नहीं करती है, परन्तु उच्च ताप और अधिक दाब पर इससे संयुक्त होकर सोडियम फार्मेट बनाती है

$$NaOH + CO \rightarrow HCOONa$$
(सोडियम फार्मेट)

6. क्यूप्रस क्लोराइड के साथ क्रिया—Cu_2Cl_2 के अम्लीय या अमोनियम विलयन में यह अवशोषित होकर एक योगात्मक यौगिक (Additive Compound) बनाती है।

इस आधार पर क्यूप्रस क्लोराइड में गैस को प्रवाहित करके इससे अन्य गैसों की अशुद्धियां दूर कर दी जाती हैं।

14.17 उपयोग

1. मेथिल ऐल्कोहॉल, सोडियम फार्मेट तथा संश्लेषिक पेट्रोल के निर्माण में।
2. रंग उद्योग में।
3. भाप-अंगार गैस, वायु-अंगार गैस (Producer) और कोयला (Coal) गैस के अवयव के रूप में ईंधन गैस की तरह।

14.18 कार्बन मोनोक्साइड के उपस्थिति की जाँच कैसे की जाती है ?

क्योंकि कार्बन मोनोक्साइड इतनी विषैली गैस है कि बिना खबर दिये भी मृत्यु का आह्वान कर सकती है, वैज्ञानिकों ने शोध कर ऐसे सूचक खोज निकाले हैं जिनकी सहायता से कहीं भी थोड़ी-सी मात्रा में भी इसकी उपस्थिति का पता चलाया जा सके। हूलामाइट नामक एक कागज होता है जिस पर आयोडीन पेन्टॉक्साइड लगा रहता है। जब इस पर कार्बन मोनोक्साइड की क्रिया होती है तो आयोडीन मुक्त हो जाती है। वायु में जितनी अधिक CO गैस होगी उतनी ही अधिक आयोडीन मुक्त होगी। अत. एक मानक पत्र के रंगों से तुलना करके तुरन्त यह पता लगाया जा सकता है कि वायु में कितने प्रतिशत गैस है।

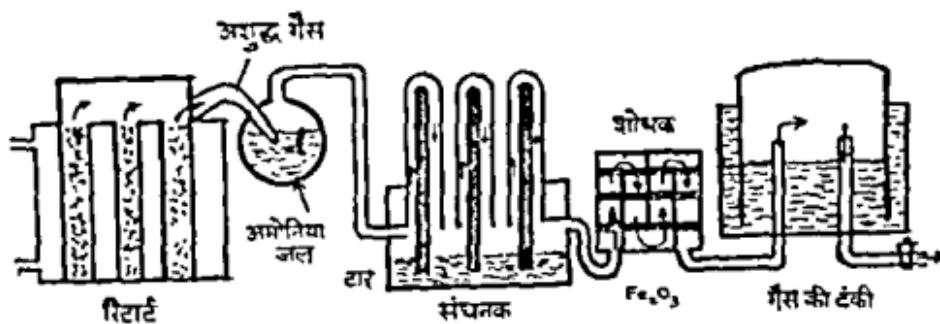
$$5CO + I_2O_5 \rightarrow 5CO_2 + I_2$$

यह विधि ढूंढने के पहले केनेरी नामक चिड़िया इसकी पहचान करने में उपयोग में ली जाती थी। वे इस गैस को सूंघने से तुरन्त मर जाती हैं।

ईंधन गैसें

वे गैसें जिनको जला कर ऊष्मा प्राप्त होती है ईंधन गैसें कहलाती हैं। ठोस ईंधन की अपेक्ष घरेलू कार्यों तथा अन्य उद्योगों में आजकल ईंधन गैसों का उपयोग उनकी श्रेष्ठता, सुगमता, अधिक ऊष्मा देने की शक्ति व जल कर राख न छोड़ने के गुणों के कारण बहुत अधिक बढ़ गया है। तुम बड़े नगरों में, घरों व भोजनालयों में 'इण्डेन' या 'बरशेन' के नाम से छोटे-छोटे लाल सिलिण्डरों में भरी हुई प्रयुक्त ईंधन गैस का कार्य देख सकते हो।

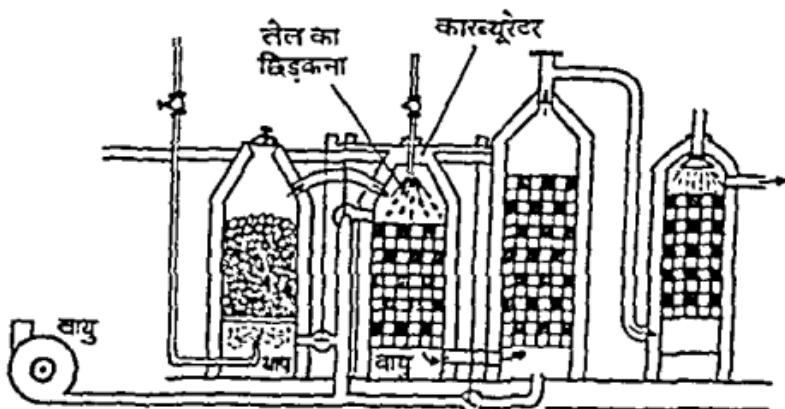
14.19 कोयला गैस (Coal gas)

कोयले के भंजक आसवन से कोयला गैस (कोल गैस) प्राप्त होती है। पहले यह प्रकाश तथा ऊष्मा देने के लिए काम में लायी जाती थी किन्तु विद्युत बल्बों के आविष्कार के बाद इसका प्रयोग ईंधन के कुछ अन्य सहयोगित पदार्थ करने के लिए किया जाता है।

चित्र 14.10 (अ)—कोल गैस का उत्पादन

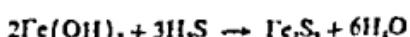
कोयला गैस का उत्पादन

चित्र 14 10 (अ) व (ब) में इसके लिए प्रयुक्त उत्पादन यन्त्र दर्शाया गया है जिसके निम्न मुख्य भाग हैं—

(1) रिटॉर्ट, जलीय गैस वाहिनी या हाइड्रोलिक मेन
(2) संघनित्र (Condenser)
(3) तार कूप (Tar Well)
(4) मार्जक या स्क्रबर (Scrubber)
(5) शोधक (Purifier)
(6) गैस की टंकी (Gas Holder)

कोयले के चूर्ण को अग्नि मिट्टी (Fire Clay) से बने हुए रिटॉर्ट में रख कर 700° सेंटीग्रेड से 1000° सेंटीग्रेड तक वायु की अनुपस्थिति में गरम करते हैं। इसे कोयले का भंजक आसवन (Destructive Distillation) कहते है। इस ताप पर प्राप्त गैस में कोयला गैस की मात्रा 18% के लगभग होती है। यदि कोयले को 1500° सेंटीग्रेड तक गरम किया जाय तो यह मात्रा 22% तक पहुँच सकती है किन्तु इस ताप पर प्राप्त गैसों में सभी इच्छित गुण नहीं होते।

चित्र 14.10 (ब)—कारब्यूरेटेड कोल गैस बनाने के लिए प्रयुक्त सज्जा

उत्पन्न हुई गैस को पहले जलीय गैस वाहिनी और संघनित्रों में से प्रवाहित करते हैं। यहां गैस में उपस्थित कोलतार तथा अन्य विलेय पदार्थ दूर हो जाते हैं। कोलतार तारकूप में बह कर एकत्रित होने लगता है। कोलतार एमोनिएकल लिकर (Ammoniacal Liquor) जमा होने लगता है। गैस को अब मार्जक में से गुजारा जाता है। स्क्रबर कोक से भरा एक स्तम्भ होता है जिसके ऊपर से पानी की धारा धीरे-धीरे बहती रहती है। यहां पर पानी की धारा से गैस में उपस्थित NH_3, HCN, CS_2 और CO_2, आदि गैसों का कुछ अंश दूर हो जाता है।

अब गैस को शोधक में से होकर प्रवाहित करते हैं। यहां CS_2, H_2S और CO_2 गैसों का बचा अंश शोधक में रखे हुए फैरिक हाइड्रॉक्साइड और बुझे हुए चूने द्वारा शोषित कर लिया जाता है।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S \rightarrow Fe_2S_3 + 6H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2H_2S \rightarrow Ca(SH)_2 + 2H_2O$$

$$Ca(SH)_2 + CS_2 \rightarrow CaCS_3 + H_2S$$

(कैल्सियम थायो-कार्बोनेट)

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

इस प्रकार शुद्ध की गयी गैस को पानी पर उल्टी औंधी की टंकियों में एकत्रित कर लिया जाता है।

कोयला गैस की रचना

कोयला गैस बहुत सी गैसों का मिश्रण है। कोयला गैस की रचना ...

से औसत गैस की रचना निम्न अवयव से होती है—

अवयव	प्रतिशत मात्रा
हाइड्रोजन	49%
मार्श गैस (मीथेन)	32%
कार्बन मोनोक्साइड	8%
ऐसेटिलीन और ऐथिलीन	4·5%
नाइट्रोजन	4%
कार्बन डाइऑक्साइड	1%
ऑक्सीजन	1%

उपयोग

यह मुख्य रूप से औद्योगिक व घरेलू ईंधन के लिए प्रयुक्त होती है।
खनिजो से धातुएं प्राप्त करने की क्रिया में भी उपयोग करते हैं।

14.20 कोयले के भंजक आसवन से प्राप्त महत्वपूर्ण उपजात (By Product)

(1) कोलतार (Coal Tar)

यह काला और गाढ़ा द्रव है। यह बहुत से कार्बनिक यौगिकों, जैसे बेन्जीन, नेफ्थेलीन, फीनोल, आदि के निर्माण में प्रयुक्त होता है। यह लकड़ी को सुरक्षित रखने में तथा तार कागज (Tar Paper) बनाने मे भी काम आता है। तुमने इसका उपयोग सड़कों को बनाने में होता देखा होगा।

(2) अमोनिएकल लिकर (Ammoniacal Liquor)

यह तार द्रव मे कोलतार के ऊपर जमा हो जाता है। यह अमोनिया के निर्माण में प्रयुक्त होता है।

(3) कोक (Coke)

यह रिटॉर्ट में अवशेष के रूप में रह जाता है। यह एक मूल्यवान ईंधन है, जो धातुकर्म में प्रयुक्त होता है।

(4) गैस कार्बन (Gas Carbon)

रिटॉर्ट में भीतरी सतहों पर कार्बन की एक तह जम जाती है। यह गैस कार्बन है। इसे खुरच कर अलग कर लिया जाता है। यह बिजली का सुचालक है तथा इलैक्ट्रोड (Electrodes) बनाने में प्रयुक्त होता है।

(5) गैस लाइम (Gas Lime)

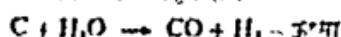
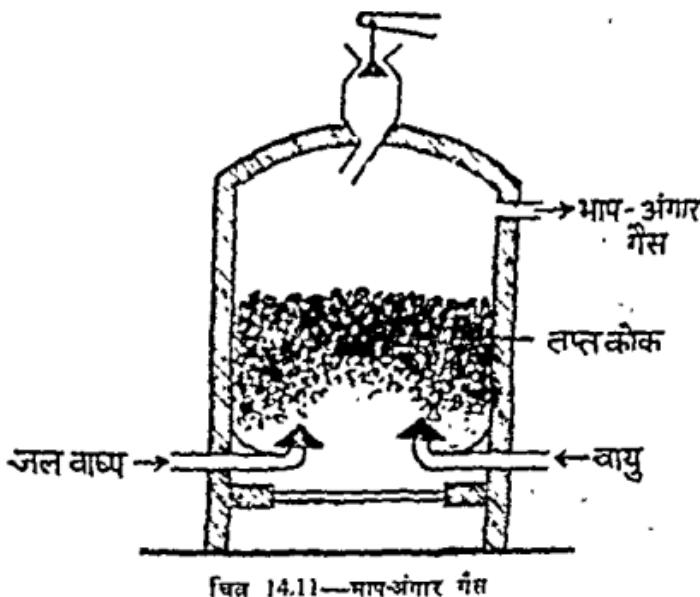
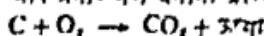
इसे शोधकों से निकाला जाता है और उर्वरक के रूप में प्रयुक्त होता है।

भाप-अंगार गैस (Water Gas)

14.21 अठारहवीं सदी तक इंगलैंड में कोयला गैस का उपयोग होता रहा। इसके फलस्वरूप कोयले के भंजक आसवन के पश्चात् बचा हुआ 'कोक' (अथवा कोयला) बड़ी मात्रा में एकत्रित होता गया। इसके उपयोग से भी कोई ईंधन गैस बनाने का प्रयत्न किया गया। 'कोक' को खूब गरम करके इस पर अति तप्त वाष्प प्रवाहित करने पर कार्बन मोनोआक्साइड व हाइड्रोजन का मिश्रण प्राप्त होता है। इसे ही 'भाप-अंगार गैस' कहते हैं।

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - \text{ऊष्मा}$$

यह क्रिया ऊष्माशोषी है, अर्थात् कुछ समय तक भाप प्रवाहित करने से भट्ठी का ताप गिर जाता है। अतः कुछ समय तक वाष्प का प्रवाह रोक कर भट्ठी में वायु धौंकते हैं। ताप बढ़ जाने पर पुनः वाष्प प्रवाहित करके भाप-अंगार गैस बनाना प्रारम्भ करते हैं (चित्र 14.11)।

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{ऊष्मा}$$

चित्र 14.11—भाप-अंगार गैस

इस कारण इस गैस में थोड़ी मात्रा कार्बन डाइआक्साइड की भी मिली रहती है। विभिन्न तापों पर भाप-अंगार गैस की रचना निम्न तालिका में दी गयी है—

ताप (° सें.)	भाप-अंगार गैस की रचना		
	H_2%	CO%	CO_2%
674°	65·2	4·9	29·8
1010°	48 8	49·7	1·5
1125°	50 69	48·5	0·6

भाप-अंगार गैस का उपयोग

(1) भट्टियों में जलाने के लिए।

(2) औद्योगिक स्तर पर जैसे अमोनिया या वनस्पति घी बनाने जैसे कार्यों के लिए हाइड्रोजन प्राप्त करने के लिए तथा एक अधिक ऊष्मादायक ईंधन गैस के रूप में।

(3) कार्बुरेटेड भाप-अंगार गैस (Carburetted Water Gas) बनाने के लिए।

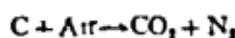
(इसके लिए भाप-अंगार गैस में पेट्रोल जैसे हाइड्रोकार्बन मिलाकर पुनः गरम किया जाता है जिससे हाइड्रोकार्बन के अणु टूट कर जलने पर अतिरिक्त ऊष्मा प्रदान करते हैं)

14.22 वायु-अंगार गैस (Producer Gas)

1100° से. तक गरम लाल कोक पर वायु प्रवाहित करने से कार्बन मोनोक्साइड और वायु में उपस्थित नाइट्रोजन प्राप्त होती है। पहले भट्टी के निचले भाग में सम्भवतः कार्बन डाइआक्साइड बनती है।

$$C + Air \rightarrow CO_2 + N_2$$

परंतु ऊपरी भाग में वायु की न्यूनता व अधिक ताप के कारण यह अपचयित होकर कार्बन मोनोआक्साइड बनाती है।

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

प्राप्त होने वाली गैस (चित्र 14.12) नाइट्रोजन और कार्बन मोनोक्साइड का मिश्रण होती

चित्र 14.12—वायु-अंगार गैस

प्रोड्यूसर गैस बनाने के लिए तप्त कोक पर वायु प्रवाहित करते हैं। निकली हुई गैस मे कार्बन मोनोआक्साइड व वायु की शेष नाइट्रोजन होती है। इसे भी मुख्यत धातु कर्म में गैसीय ईंधन के रूप में प्रयोग मे लाते हैं।

अध्ययन प्रश्न

1. कार्बन के तीन मुख्य रूप कौनसे हैं ? इन्हे किस प्रकार बनाया जाता है ? इन रूपो के प्रमुख उपयोग बताओ।
2. कार्बन एक महत्वपूर्ण तत्व है। इसकी महत्ता की व्याख्या करो।
3. पत्थर का कोयला प्रकृति मे किन-किन दशाओं मे पाया जाता है ? इन विभिन्न रूपों में कार्बन की मात्रा मे क्या अन्तर है ?
4. परमाणु रचना के आधार पर हीरे और ग्रेफाइट के गुणो का वर्णन करो तथा इसी आधार पर इनके उपयोग का कारण बताओ।
5. किन पदार्थों से कार्बन डाइआक्साइड प्राप्त की जा सकती है ? प्रयोगशाला मे इस गैस को प्राप्त करने के लिए एक उपकरण लगाओ और गैस को बनाकर उसके गुण देखो। इस गैस की पहचान कैसे की जा सकती है ?
6. कार्बन मोनोक्साइड एक विषैली गैस है। क्यो ? इसके प्रभाव को किस प्रकार नष्ट करके मनुष्य को मृत्यु से बचाया जा सकता है।
7. ईंधन गैसें क्या होती हैं ? कोल गैस बनाते समय भंजक आसवन से प्राप्त उपजात पदार्थों के उपयोग क्या है ?
8. भाप-अंगार गैस व प्रोड्यूसर गैस किस प्रकार ईंधन का कार्य करती है ? इनके उपकरण का चित्र बनाओ और प्रमुख उपयोग लिखो।

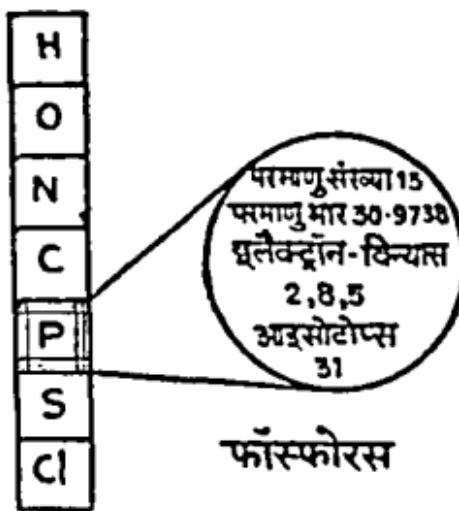
अभ्यास प्रश्न

1. यदि चूना पत्थर (लाइमस्टोन) को अत्यधिक गरम करे तो
   (अ) चूना पत्थर का ऑक्सीकरण होता है।
   (ब) कार्बन डाइऑक्साइड निकलती है और बुझा चूना अवशेष रहता है।
   (स) कार्बन डाइऑक्साइड निकलती है, बिना बुझा चूना अवशेष रहता है।
   (द) क्रिस्टलन-जल निकलता है
   (इ) 1200° सें. मे नीचे कोई क्रिया नहीं होती। ( )
2. एक परखनली मे चूने का पानी लेकर उसमे 10 मिनट तक अधिक कार्बन डाइऑक्साइड प्रवाहित की और फिर विलयन को उबाला। रंग परिवर्तन इस क्रम मे होगा :
   (अ) साफ, धाकमय, साफ, धाकमय।
   (ब) साफ, दूधिया, साफ, काला।
   (स) साफ, साफ, दूधिया, साफ।
   (द) साफ, दूधिया,
   (इ) साफ, ( )

3. जलता हुआ मैग्नीशियम तार कार्बन डाइआक्साइड गैस के जार में ले जाने पर हम देखते हैं कि
   (अ) धातु गैस में नहीं जलती।
   (ब) कालिखयुक्त ज्वाला से धातु जलती है।
   (स) काला धुआं और श्वेत अम्लीय ऑक्साइड देकर मैग्नीशियम जलता है।
   (द) धातु जलती है और श्वेत चूरा व काला ठोस पदार्थ बनता है।
   (इ) धातु गैस को कार्बन व ऑक्सीजन में अपघटित करता है।
4. लैड कार्बोनेट में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डाला। कुछ कार्बन डाइऑक्साइड गैस निकलती है और क्रिया कुछ देर बाद रुक जाती है, क्योंकि
   (अ) यह क्रिया ऊष्माशोषी है।
   (ब) अविलेय लैड सल्फेट, कार्बोनेट को ढक लेता है।
   (स) अम्ल में लैड कार्बोनेट कुछ विलेय है।
   (द) तनु विलयन में अम्ल कम आयनित होता है।
   (इ) यह क्रिया उत्क्रमणीय है और तुरन्त सन्तुलित हो जाती है। ( )
5. अविरत गति से वाटर गैस नहीं प्राप्त कर सकते क्योंकि
   (अ) थोडी-थोड़ी देर मे अधिक कोक डालना आवश्यक है।
   (ब) मिट्टी को यदा-कदा ठण्डा करना आवश्यक है।
   (स) इसे प्रोड्यूसर गैस के बिना प्राप्त नही कर सकते।
   (द) जब कोक अधिक ठण्डा हो जाता है तो क्रिया रुक जाती है।
   (इ) कार्बन मोनोक्साइड एक ऊष्माक्षेपी यौगिक है। ( )
6. वायुमण्डल मे कार्बन डाइआक्साइड पहुंचती है।
   (1) श्वसन से।
   (2) प्रकाश-सश्लेषण से।
   (3) किण्वन से।
   (4) लाइम स्टोन से चूना बनाने से।
   (5) पैट्रोल व तैलो के दहन से।
   (6) तैलो के भंजन से।

   इनमे कौनसी विकल्पनाएं सत्य हैं ?
   (अ) 6 के अतिरिक्त सारी।
   (ब) 3 व 6 के अतिरिक्त सारी।
   (स) 2, 3 व 6 के अतिरिक्त सारी।
   (द) केवल 1, 3, 4 व 5।
   (इ) इनमें से कोई भी संयोग नहीं। ( )

[उत्तर : 1–(स), 2–(अ), 3–(द), 4–(ब), 5–(द), 6–(द)]

फॉस्फोरस

15.1 अपने आप जल उठने वाले इस निराले तत्व की खोज की रहस्यमयी कहानी

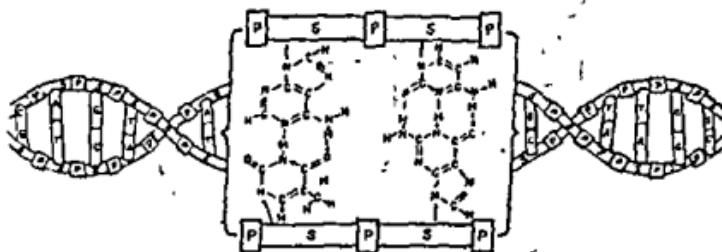
1674–75 के लगभग हैम्बर्ग (जर्मनी) के एक निवासी हैनिग ब्राण्ड ने मूत्र के वाष्पीकरण द्वारा बहुत थोड़ी मात्रा में फॉस्फोरस प्राप्त किया। इसे प्राप्त करने के रहस्य को लगभग 600 रुपये में उन्होंने क्राफ्ट नामक सज्जन को बेच दिया। हैनिग ब्राण्ड ने इस पदार्थ को दो वर्ष पश्चात् रॉबर्ट बॉयल को दिखलाया। उन्हें केवल इतना ही बतलाया कि यह पदार्थ मानव शरीर के ही किसी भाग से प्राप्त किया गया है। बॉयल ने चार वर्ष के कठिन परिश्रम द्वारा न केवल इसे प्राप्त करने की विधि स्वयं खोज निकाली अपितु उसे छिपाकर रखने के स्थान पर उन्होंने सच्चे वैज्ञानिक की भांति प्रकाशित भी कर दिया।

ग्रीक भाषा में "फॉस्फोरस" का अर्थ है "मैं प्रकाश लेकर चलता हूं" अतः वे उन सभी पदार्थों को फॉस्फोरस कहते थे जो अंधेरे में चमकते थे—जैसे अशुद्ध बेरियम व कैल्सियम सल्फाइड

आदि। ब्रांड के लगभग 100 वर्ष पश्चात् क्लोरीन की खोज करने वाले स्वीडन निवासी शीले ने हड्डियों की राख में से फॉस्फोरस प्राप्त किया। लेवोशियें ने सर्वप्रथम 1777 में प्रयोगों के आधार पर इसे तत्त्व माना।

15.2 ग्रीक भाषा में अपने साथ प्रकाश लेकर चलने की घोषणा करने वाला यह तत्त्व प्रकृति में कैसे छुपा रहता है ?

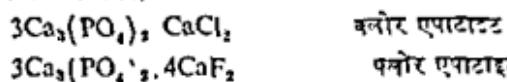
इस तत्त्व को वायु में रखने पर यह जल पड़ता है। इससे स्पष्ट है कि फॉस्फोरस अत्यन्त क्रियाशील है। इसलिए यह प्रकृति में संयुक्त अवस्था में मिलता है। इसका मुख्य यौगिक फॉस्फेट है। इस रूप में कार्बन, नाइट्रोजन और गंधक के यौगिकों के समान यह भी सर्वव्यापी है। वनस्पतियों व जीवों के आहार में फॉस्फेट अत्यन्त आवश्यक है—क्योंकि हमारे शरीर का ढांचा मुख्यतः हड्डियों और मांसपेशियों से बना है। हड्डियां कैल्सियम फास्फेट से निर्मित होती हैं। मांसपेशियां और शरीर के दूसरे अंग मूलतः कोशिका पिण्डों से बने होते हैं।

रासायनिक दृष्टि से कोशिका पिण्डों के आधारभूत तीन पदार्थ हैं जिन्हें प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट और न्यूक्लीक अम्ल कहते हैं। प्रोटीन और न्यूक्लीक अम्ल कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन,

चित्र 15.1—डी. एन. ए. की अणु रचना

नाइट्रोजन के अलावा फॉस्फोरस के परमाणु संरचित बहुलकीय अणु (Polymer Molecules) होते हैं। शारीरिक अभिक्रियाओं में उपापचय में शारीरिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। जीव रसायनज्ञों ने यह खोज निकाला है कि फॉस्फोरस के यौगिक डी.एन.ए. (D.N.A.) (चित्र 15.1) द्वारा ही यह ऊर्जा शरीर में उपलब्ध कराई जाती है। इसे शरीर का ऊर्जा कोष भी कहते हैं। वैज्ञानिकों ने मंगल ग्रह पर जीवों की उपस्थिति ज्ञात करने लिए इस पदार्थ की उपस्थिति को आधार माना है। शारीरिक विकास में भी फास्फोरस के यौगिकों का महत्त्वपूर्ण स्थान है। मांसपेशी, आदि अवयवों का विकास कोशिका पिण्डों द्वारा नये कोशिका पिण्डों के बनाये जाने के कारण होता है। कोशिका पिण्डों में गुणात्मक उत्पत्ति के विशिष्ट गुण होते हैं। इस क्रिया में प्रोटीन का संश्लेषण या रूपान्तर होता है। यह अभिक्रिया फॉस्फोरस के यौगिक द्वारा की जाती है। यौगिक ही वंशानुक्रमण को भी प्रभावित करते हैं। इस क्षेत्र में भारतीय वैज्ञानिक हरगोविन्द खुराना को 1969 में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था।

खनिज रूप में फॉस्फोरस, फॉस्फेट यौगिकों के रूप में पाया जाता है।

$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCl_2$ क्लोर एपाटाइट

$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot 4CaF_2$ फ्लोर एपाटाइट

अमरीका व अफ्रीका में इनके खनिज मुख्य रूप से मिलते हैं। हाल ही में भारत में राजस्थान में रॉक फास्फेट $[Ca_3(PO_4)_2]$ का पता चला है।

15.3 फॉस्फोरस के यौगिकों में परिवर्तनों का प्राकृतिक चक्र

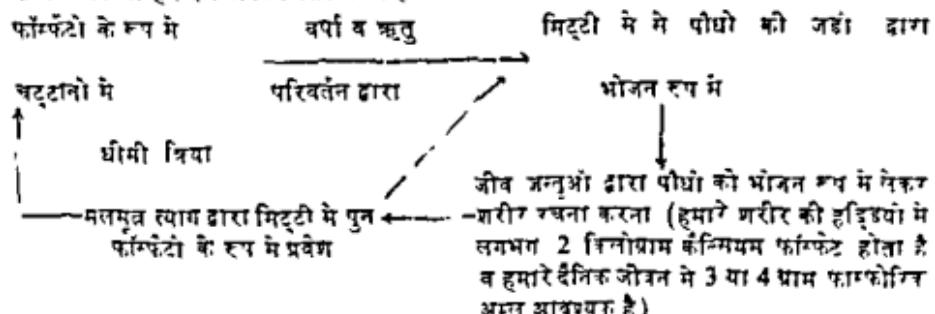
यह तत्व प्रकृति में जहां व्यापक रूप में व्याप्त है, वहां स्थाई रूप में न रहकर नाना प्रकार के यौगिकों में बदलते हुए पुनः मूल यौगिक के रूप में आ जाता है। नाइट्रोजन की भांति फॉस्फोरस के चक्र को भी हम इस प्रकार दर्शा सकते हैं—

फॉस्फेटों के रूप में चट्टानों में —— वर्षा व ऋतु परिवर्तन द्वारा ——→ मिट्टी में से पौधों की जड़ों द्वारा भोजन रूप में

↓

जीव जन्तुओं द्वारा पौधों को भोजन रूप में लेकर शरीर रचना करना (हमारे शरीर की हड्डियों में लगभग 2 किलोग्राम कैल्सियम फॉस्फेट होता है व हमारे दैनिक जीवन में 3 या 4 ग्राम फास्फोरिक अम्ल आवश्यक है)

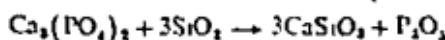
←—— मलमूत्र त्याग द्वारा मिट्टी में पुनः फॉस्फेटों के रूप में प्रवेश

↑ धीमी क्रिया (चट्टानों में)

15.4 फॉस्फोरस को प्राप्त करने की आधुनिक विधि

फॉस्फोरस प्राप्त करने के लिए हड्डियों की राख अथवा रॉक फॉस्फेट, रेत और कोयले के मिश्रण को एक पेंचदार चालक की सहायता से विद्युत भट्टी में डालते जाते हैं जैसा कि चित्र 15.2 में दिखलाया गया है। भट्टी का तापक्रम लगभग 1500° से होता है। इस तापक्रम पर फॉस्फेट और रेत की अभिक्रिया द्वारा फॉस्फोरस पेण्टॉक्साइड बनता है।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 \rightarrow 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

फॉस्फोरस पेण्टॉक्साइड से कोयले की कार्बन से अपचयित होने पर फॉस्फोरस की वाष्प बनती है जिसे पानी में प्रवाहित करके ठण्डा कर लिया जाता है।

$$P_2O_5 + 5C \rightarrow 2P + 5CO$$

शुद्ध फॉस्फोरस वायु की अनुपस्थिति में आसवन करके प्राप्त किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त फास्फोरस श्वेत होता है।

15.5 श्वेत फॉस्फोरस के गुण

1. यह मोम जैसा नर्म व श्वेत पदार्थ है।
2. इसमें से लहसुन जैसी गंध आती है।
3. इसे चाकू से सरलतापूर्वक काटा जा सकता है।
4. प्रकाश में रखने से यह पीला पड़ जाता है इस कारण इसे पीला फास्फोरस भी कहते हैं। इसका

चित्र 15.2—विद्युत स्फुलिंग भट्टी में फॉस्फोरस का उत्पादन

दीप्तांक 32° सें. है। अतएव, ग्रीष्मकाल में यह कमरे के साधारण ताप पर ही जल उठता है। अंधेरे में रखने पर भी हल्के हरे रंग की दीप्ति दीखती है। इसे फॉस्फोरेसेन्स कहते हैं।

फॉस्फोरस की विलक्षण विशेषता (केवल पानी में अविलेय)

प्रयोग—पाँच परखनलियों में क्रमशः लगभग 10 मिली. कार्बन डाइसल्फाइड, बेन्जीन, पानी, ईथर व क्लोरोफॉर्म लो और प्रत्येक में लगभग 1/2 ग्राम पीला फॉस्फोरस डालकर हिलाओ। तुम देखोगे कि जल को छोड़कर यह सभी द्रवों में घुल गया है। है न विचित्र व्यवहार? किन्तु इसका लाभ कितना है? विचार करो कि यदि यह पानी में अविलेय न होता तो इसे रखने के लिए न जाने कौनसा माध्यम ढूंढ़ना पड़ता?

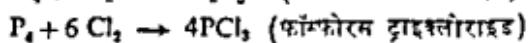
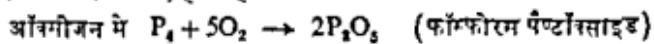
फॉस्फोरस की दहनशीलता केवल वायु में ही नहीं

प्रयोग—एक जार में ऑक्सीजन व दूसरे में क्लोरीन लेकर उनमें फॉस्फोरस के टुकड़े डालो

व उन्हें गरम तार से छुआ दो। तुम देखोगे कि यह दोनो गैसो मे जलता रहता है। इसमे निम्न क्रियाए होती हैं :

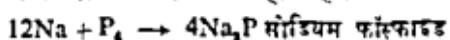
ऑक्सीजन मे $P_4 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$ (फॉस्फोरस पैन्टॉक्साइड)

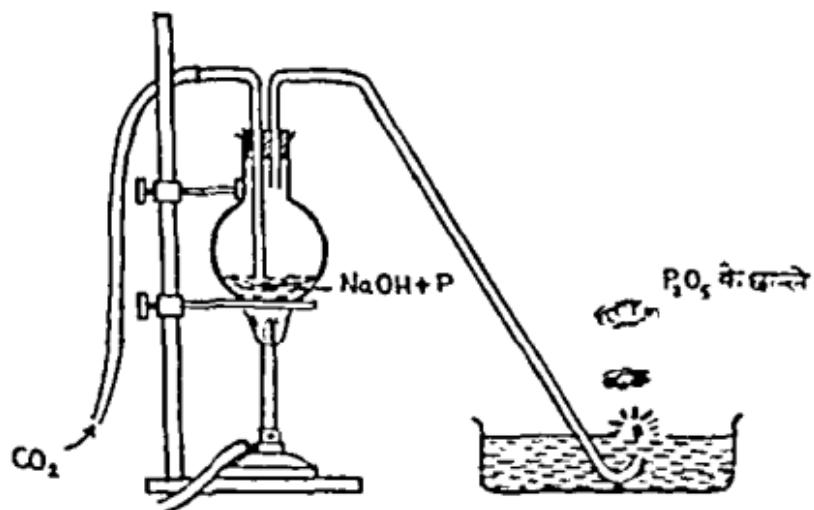
$P_4 + 6\ Cl_2 \rightarrow 4PCl_3$ (फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड)

क्लोरीन मे $P_4 + 10Cl_2 \rightarrow 4PCl_5$ (फॉस्फोरस पैण्टाक्लोराइड)

फॉस्फोरस के ऑक्साइड जैसे P_2O_3 व $P_2\ O_5$ अम्लीय ऑक्साइड होते हैं।

फॉस्फोरस सोडियम, पोटैशियम, मैग्नीशियम, आदि धातुओं से क्रिया करके फॉस्फाइड लवण बनाता है।

प्रयोग—एक 1/2 ग्राम के लगभग सोडियम के टुकडे व एक उतने ही बडे फॉस्फोरस के टुकडे को एक साथ एक दाहक चम्मच मे रखकर सावधानी से गरम करो। तुम देखोगे कि तीव्र ज्वाला के साथ क्रिया होती है।

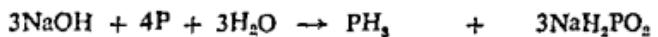
$12Na + P_4 \rightarrow 4Na_3P$ सोडियम फॉस्फाइड

फॉस्फोरस का दीप्ताक इतना कम है कि शरीर के ताप मे ही जल उठता है। अतएव, इसे छूने मे सावधानी रखते है। सीधे उगलियो से न छूकर चिमटी से इसके टुकडो को उठाना चाहिए। इसकी वाष्प भी विषैली होती है तथा अधिक समय इसके सगम मे रहने से नाक तथा जबडो की हड्डियो मे रोग उत्पन्न हो जाता है। केवल एक ग्राम का दसवा भाग खा लेने से ही यत्रणापूर्ण मृत्यु हो सकती है। इन सावधानियो को ध्यान मे रखकर तुम फॉस्फोरस के इन गुणो के आधार पर 'जादू' के खेल दिखला सकते हो.

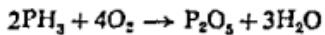
(1) स्वयं जल उठने वाला कागज . कार्बन डाइसल्फाइड व फॉस्फोरस के घोल मे छन्ने कागज को डुबोकर धूप मे रखो। कार्बन डाइसल्फाइड के वाष्पीकृत होते ही कागज जल उठता है।

चित्र 15.3—फॉस्फीन बनाना

(2) **ठण्डी लौ :** एक फ्लास्क में दो छिद्रों वाला कॉर्क लगाकर एक ओर से कार्बन डाइ आक्साइड गैस प्रवाहित करो। दूसरी ओर उत्पन्न लौ में तुम उंगली रखकर दिखा सकते हो। (यह प्रयोग अंधेरे में करना होगा)।

(3) **बिना सिगरेट पीये सफेद धुएं के छल्ले :** सिगरेट पीना स्वास्थ्य के लिए बुरा है। तुम फॉस्फोरस की सहायता से बिना इस दुर्गुण को ग्रहण किये धुए के सफेद छल्ले बनाकर दिखा सकते हो।

चित्र 15.3 में दर्शाये अनुसार एक फ्लास्क में लगभग 40% सान्द्रता के सोडियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन और पीले फॉस्फोरस के छोटे-छोटे टुकड़े लेकर दो छिद्रों वाला कॉर्क लगाओ। एक ओर से कार्बन डाईऑक्साइड या हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करो व दूसरी ओर निकास नली लगाकर एक सिरा जल में डुबा दो। फ्लास्क में से वायु को पूर्णतया निकाल चुकने के पश्चात् फ्लास्क को गरम करो। निकलने वाली गैस फॉस्फीन कहलाती है व सड़ी हुई मछली जैसी दुर्गन्ध युक्त होती है जो वायु के सम्पर्क में आकर P_2O_5 के सफेद छल्ले बनाती है।

$$3NaOH + 4P + 3H_2O \rightarrow PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

फॉस्फीन सोडियम डाइहाइड्रोजन हाइपोफॉस्फाइट

$$2PH_3 + 4O_2 \rightarrow P_2O_5 + 3H_2O$$

टाइम बम*

दो मिनट पश्चात् फूटने वाला बम तुम इस प्रकार बना सकते हो

फॉस्फोरस के कार्बन डाइसल्फाइड में विलयन को लेकर उसमें 1/2 ग्राम के बराबर पोटैशियम क्लोरेट की गोलियां बना लो। इन्हें एसबेस्टॉस के पुट्ठे पर रखो। इन पर ड्रॉपर से एक-एक बूंद फॉस्फोरस का कार्बन डाइसल्फाइड में बना हुआ घोल डालो। गोलियां लगभग 2 मिनिट बाद फटती हैं। यदि नहीं फटती तो सावधानीपूर्वक फर्श पर फेंको।

अधिक समय बाद फटने वाले टाइम बम बनाने के लिए पोटैशियम क्लोरेट में कोयले का चूरा मिला कर अन्वेषण करो।

15.6 फॉस्फोरस के अपररूप

तुम्हें कार्बन के काले-काले अनेकों अपररूप स्मरण होंगे। एक केवल हीरा ही इसका सुन्दर रूप है किन्तु वह इतना मूल्यवान है कि हमें उसे देखने के अवसर कम हैं। इस दृष्टि से फॉस्फोरस के अपर रूप हैं जो अत्यन्त सुन्दर है। उनके नाम रंगों के आधार पर ही रख दिये गये हैं। श्वेत या पीले फॉस्फोरस के अतिरिक्त लाल, सिंदूरी, बैंगनी व काला फॉस्फोरस भी होता है।

लाल फॉस्फोरस

श्वेत फॉस्फोरस की अपेक्षा यह कम क्रियाशील व अधिक स्थाई है। कई दिन तक 270° सें. तक बन्द लोहे के पात्रों में वायु की अनुपस्थिति में श्वेत फॉस्फोरस को गरम करने पर बनता है। 400° सें. तक गरम करके पीले फॉस्फोरस को वाष्पीकृत कर दिया जाता है।

लाल फॉस्फोरस कठोर ठोस के रूप में बच रहता है। इसे कॉस्टिक सोडा के घोल के साथ

---

* यह प्रयोग अपने शिक्षक महोदय के निर्देशन में ही करो।

उबाल कर श्वेत फॉस्फोरस को शेष अशुद्धियों से मुक्त कर लिया जाता है। तत्पश्चात् गरम पानी से धोकर इसे शून्य में सुखा लिया जाता है। इसके तथा श्वेत फॉस्फोरस के गुणों के अन्तर को सारणी नम्बर 15 1 में अंकित किया गया है।

सारणी 15 1

श्वेत व लाल फॉस्फोरस के गुणों में अन्तर

गुण	लाल फॉस्फोरस	श्वेत फॉस्फोरस
रंग	लाल कत्थई	पीलापन लिये हुए
गन्ध	गन्धहीन	लहसुन जैसी
वायु की क्रिया	कोई क्रिया नहीं, फॉस्फोरेसेन्स नहीं	ऑक्सीकरण व फॉस्फोरेसेन्स
द्रवणांक	589° से (43 वायु दाब)	44 1° सें
शरीर पर क्रिया	विषैला नहीं	विषैला
आपेक्षिक घनत्व	2·2	1 82
घुलनशीलता (CS_2)	अविलेय	विलेय
दीप्तांक	260° से.	30° सें.
विद्युत चालकता	हल्का चालक	अत्यन्त हल्का चालक
गरम कॉस्टिक सोडा का प्रभाव	कोई क्रिया नहीं	फॉस्फीन गैस बनती है
क्लोरीन गैस में क्रिया	गर्म करने पर क्रिया	अपने आप क्रिया होती है

किसी भी रूप के फॉस्फोरस का निश्चित भार लेकर वायु में जलाने पर बराबर मात्रा में फॉस्फोरस पेन्टॉक्साइड प्राप्त होता है। इससे ही यह परिणाम निकाला गया है कि ये सब

(अ)—श्वेत फॉस्फोरस

(ब)—लाल फॉस्फोरस

चित्र 15.4—फॉस्फोरस के अणु में परमाणु प्रबन्ध

फॉस्फोरस के ही अपर रूप हैं। श्वेत व लाल फॉस्फोरस के गुणों में अन्तर का कारण इनके अणुओं में परमाणु संगठन का अन्तर है जो चित्र 15 4 (अ) व (ब) में दर्शाया गया है।

15.7 फॉस्फोरस के उपयोग

(1) फॉस्फोरस का मुख्य उपयोग दियासलाई बनाने में होता है।

(2) आतिशबाजी, युद्ध के लिए हथगोले, धुएं का पर्दा व बम बनाने में प्रयोग होता है।
(3) फास्फोरस ब्राज नामक मिश्र धातु बनाने के काम आता है।

15.8 फॉस्फोरस चमकता क्यों है ?

अनेकों अनुसंधानों के पश्चात् भी वैज्ञानिक यह निश्चित रूप से नहीं जान पाये कि यह क्यों चमकता है, यद्यपि इसके लिए उन्होंने विभिन्न परिस्थितियों में इसके चमकने का अध्ययन किया है। उनके परिणामों के आधार पर तर्कपूर्ण परिकल्पना बनाकर तुम भी नये परीक्षणों की परियोजना बनाओ। अपने निरीक्षणों व परिणामों के आधार पर क्यों न तुम्हीं इसका कारण खोज निकालो। सम्भव है तुम्हारे दिये हुए स्पष्टीकरण जाच में खरे उतरने पर सिद्धान्त रूप में मान्यता प्राप्त कर लें। तुम्हारी सहायता के लिए इस सम्बन्ध में कुछ जानकारी यहां दी जाती है। इसे पहले निम्न समूहों में वर्गीकरण करो—

(1) फॉस्फोरस कब चमकता है।
(2) फॉस्फोरस कब नहीं चमकता है।

कार्बन डाइऑक्साइड, नाइट्रोजन व अन्य निष्क्रिय गैसों में यह नहीं चमकता। तापक्रम 10° से. से नीचा होने पर भी चमक समाप्त हो जाती है। शुद्ध ऑक्सीजन में 10° से. से अधिक ताप होने पर ही चमकता है। किन्तु निष्क्रिय गैस मिलाने पर 15° सें. से कम ताप पर भी चमकने लगता है। दाब बढ़ाने पर यह दीप्ति लुप्त हो जाती है। ऑक्सीजन के 300 मिमी. आंशिक दाब पर दीप्ति अधिकतम होती है। यह आंशिक दाब एक मिमी. से कम व 600 मिमी. से अधिक होने पर पूर्णतः समाप्त हो जाती है। पहली सीमा पात्र के आकार पर भी निर्भर करती है।

फॉस्फोरस दियासलाई में किस प्रकार प्रयुक्त किया जाता है

दियासलाई की तीली में निम्न चार प्रकार के पदार्थ उपयोग में आते हैं :

(1) जलने वाला पदार्थ—
चीड़ की लकड़ी

(2) जलाने वाले पदार्थ—
गंधक (S), लाल फॉस्फोरस (P)
एण्टीमनी सल्फाइड (Sb_2S_3)

(3) जलने में सहायक पदार्थ—
पोटैशियम क्लोरेट ($KClO_3$)
पोटैशियम नाइट्रेट (KNO_3)
पोटैशियम डाइक्रोमेट ($K_2Cr_2O_7$)

(4) उपरोक्त पदार्थों को [illegible] भीगने से बचाने वाले पदार्थ—
गोंद, सरेस, वार्निश, मोम

डिब्बियों के बाहर लगे मसाले में लाल फॉस्फोरस व कांच का चूर्ण या सरेस में मिला मसाला लगा होता है।

(1) तीली को बाहर की खुरदरी मसाले की पट्टी पर रगड़ने पर फॉस्फोरस घर्षण के कारण क्षणिक रूप में प्रज्ज्वलित होता है। इसे तुम अंधेरे में हरी-सी चमक के रूप में देख सकते हो।

(2) इससे पोटैशियम डाइक्रोमेट में से ऑक्सीजन प्राप्त कर एण्टीमनी सल्फाइड ऑक्सीकृत हो जाता है तथा तीव्र ऊष्मा देता है।

(3) ताप की अधिकता के कारण मसाला लगी तीली आग पकड़ लेती है।

पुनरावलोकन

फॉस्फोरस एक बहुत ही क्रियाशील तत्त्व है। अतः प्रकृति में स्वतन्त्र अवस्था में नहीं पाया जाता। हमारे शरीर में कार्बनिक यौगिक के साथ फॉस्फेट के रूप में यह तत्त्व सर्वव्यापक है। जीव रसायनज्ञों की शोध के अनुसार कार्बनिक फॉस्फेट का हमारे शरीर में काफी महत्त्व है। मनुष्य की विभिन्न क्रियाओं को करने के लिए चाही गयी शक्ति, शरीर में कार्बनिक फॉस्फेटों के टूटने से प्राप्त होती है। दूध में पायी जाने वाली सर्वश्रेष्ठ फॉस्फेट, प्रोटीन भी इसी तत्त्व का जटिल यौगिक है। इसी तत्त्व के विशेष प्रकार के यौगिक मनुष्य के वंशानुक्रमण को भी प्रभावित करते हैं।

इस तत्त्व का मुख्य स्रोत जीवधारियों की हड्डियां तथा रॉक फॉस्फेट है। इन दोनों स्रोतों से ही इसको अधिक मात्रा में प्राप्त किया जाता है। कार्बन की तरह इस तत्त्व के भी मुख्यतः तीन अपररूप श्वेत, लाल तथा काला होते हैं। श्वेत अपररूप ही सबसे अधिक क्रियाशील रहता है। इसको जल में रखा जाता है। राजस्थान में उदयपुर से लगभग 16 किलोमीटर दूरी पर डेबारी नामक स्थान पर रॉक फॉस्फेट को कैल्सियम सुपर फॉस्फेट खाद में बदलने वाला एक बहुत बड़ा कारखाना स्थित है।

धातुओं के साथ गर्म करने पर धातु के फॉस्फाइड यौगिक बनाता है तथा श्वेत फॉस्फोरस सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ चमकदार सफेद धुएं वाली फॉस्फीन गैस बनाता है। ऑक्साइड तथा क्लोराइड भी इस तत्त्व के मुख्य यौगिक हैं। इसका विशेष उपयोग दियासलाई बनाने में किया जाता है। इस तत्त्व के परमाणु के बाह्य कक्ष में पांच इलैक्ट्रॉन रहते हैं।

अध्ययन प्रश्न

1 फॉस्फोरस के निम्न यौगिकों का निर्माण रासायनिक समीकरण द्वारा दिखाओ :
   (अ) फॉस्फोरस पैण्टॉक्साइड
   (ब) फॉस्फोरस ट्राइऑक्साइड
   (स) सोडियम फॉस्फाइड
   (द) कैल्सियम सुपर फॉस्फेट

2 (क) फॉस्फोरस भोजन के किन खाद्य पदार्थों में बहुतायत से पाया जाता है ?
   (ख) फॉस्फोरस प्रकृति में किस रूप में तथा कहां पाया जाता है ?

(द) विषैला।

(इ) कार्बन डाइसल्फाइड मे अविलेय। ( )

4. किसी तत्व से एक ऑक्साइड बनाया जो ठोस था। यह ऑक्साइड जल मे विलेय होकर अम्लीय क्रिया देता है। वह तत्व हो सकता है—

(अ) सोडियम।

(ब) सल्फर।

(स) कार्बन।

(द) फास्फोरस।

(इ) मैग्नीशियम। ( )

5. दियासलाई मे निम्न पदार्थ प्रयोग मे लाते हैं

(1) चीड की लकड़ी की तीलो।

(2) लाल फॉस्फोरस।

(3) श्वेत फॉस्फोरस।

(4) पोटैशियम नाइट्रेट।

(5) सरेस।

(6) पोटैशियम सल्फेट।

इनमे से कौनसी विकल्पनाए सत्य है.

(अ) सारे छह पदार्थ।

(ब) 1, 3, 5, व 6।

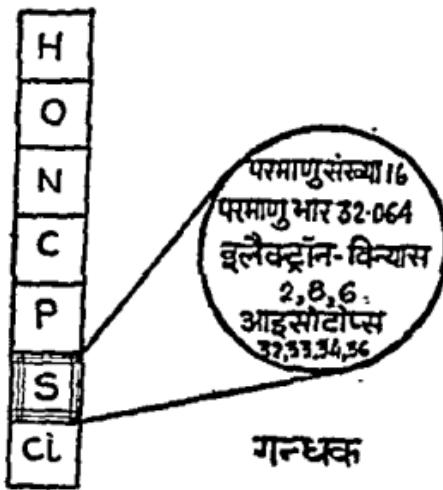
(स) 1, 2, 4 व 5।

(द) 2, 4, 5 व 6।

(इ) कोई और युग्म। ( )

[उत्तर—1—(ब) 2—(स) 3—(इ) 4—(ब) 5—(स)]

इकाई 16

गंधक

16.1 गंधक एक महत्त्वपूर्ण तत्त्व है

भारतवासी प्राचीन काल से ही गंधक से परिचित रहे हैं। आयुर्वेदिक औषधियो मे इसका उपयोग होता रहा है। चरक, नागार्जुन, सुश्रुत ने इसके उपयोग का वर्णन किया है। सन् 1777 में लेवोशिये ने इसको तत्त्व सिद्ध किया था। आजकल गधक तथा उसके यौगिको का महत्त्व बहुत अधिक बढ गया है। कीटमार औषधियो, विशेष प्रकार के साबुन, कागज, रबर टायर, तेल, एव 'सल्फा औषधियो' (Sulpha Drugs) मे गंधक का उपयोग होता है। इससे प्राप्त सबसे अधिक उपयोगी पदार्थ सल्फ्यूरिक अम्ल है जिसकी सहायता से अनेक उपयोगी रसायन बनाये जाते है। सल्फ्यूरिक अम्ल कितना महत्त्वपूर्ण है इसका अनुमान इस प्रकार लगा सकते हो कि यह कहा जाता है कि किसी देश के औद्योगिक स्थिति का पता लगाना हो तो यह हिसाब लगा लो कि प्रति व्यक्ति कितना सल्फ्यूरिक अम्ल देश मे खर्च हो रहा है।

16.2 प्रकृति में गंधक स्वतन्त्र एवं युक्त दोनों अवस्थाओं में पायी जाती है

स्वतन्त्र अवस्था में गंधक ऐसे स्थानों पर पायी जाती है जहाँ पर ज्वालामुखी अधिक रहे हों जैसे सिसिली, इटली तथा जापान। अमेरिका के लुसियाना व टेक्सास प्रदेश में गंधक बहुतायत में पायी जाती है। यौगिकों में गंधक मुख्यतः लोहा, जिंक आदि धातुओं की सल्फाइडों व कैल्सियम, बेरियम व मैग्नीशियम सल्फेटों के रूप में पायी जाती है। जैव-वस्तुओं के अन्दर जैसे बाल, तथा प्याज, लहसुन, आदि वनस्पतियों में भी गंधक पायी जाती है।

16.3 गंधक का निष्कर्षण

वैसे तो गंधक प्रायः सभी ज्वालामुखी प्रदेशों में मिलती है किन्तु मुख्यतः सिसिली (इटली) और लुसियाना (अमेरिका) की भूमि में गंधक मुक्त अवस्था में मिलती है।

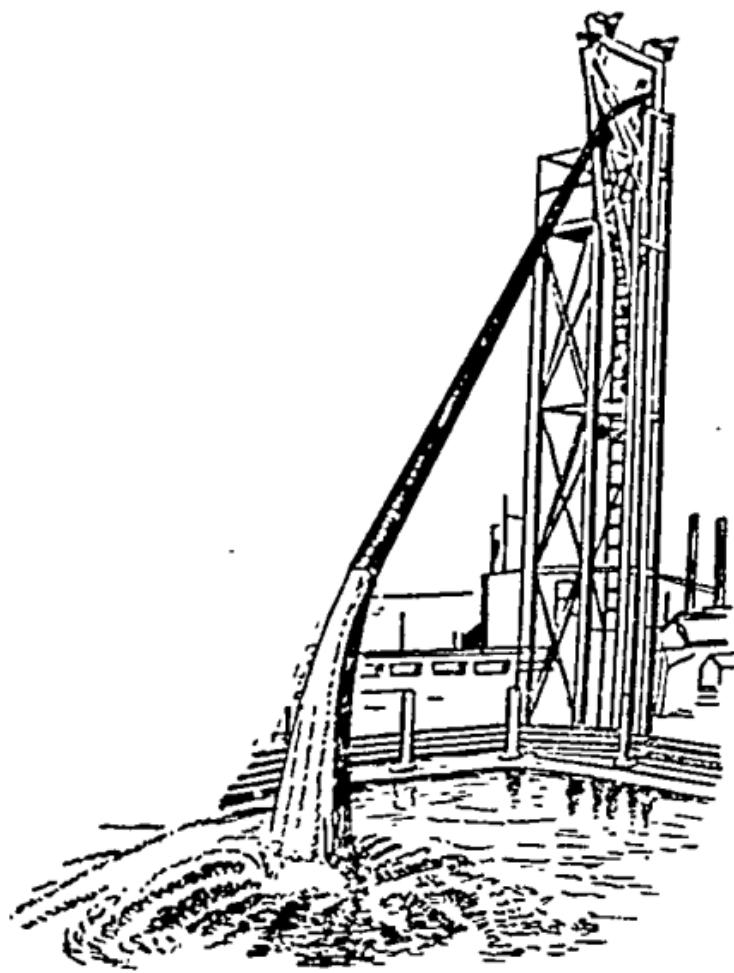
पुरानी विधि—सिसिली में गंधक मिट्टी पत्थर चूना आदि पदार्थों के साथ मिली हुई पायी जाती है। यहाँ इन पदार्थों में लगभग 25% तक गंधक मिली रहती है। गंधक मिले ये ढेर खोद कर निकाल लिये जाते हैं, अशुद्ध गंधक को इनकी भट्टियों के फर्श पर जलाया जाता है और हवा प्रवाहित की जाती है। इस प्रकार इसमें से पिघला कर गंधक पृथक कर ली जाती है। शुद्ध करने के लिए इसे उबाल कर इसकी भाप को ठण्डा कर लिया जाता है। इस विधि में बहुत-सी गंधक जलकर नष्ट हो जाती है। यह विधि धीमी भी है।

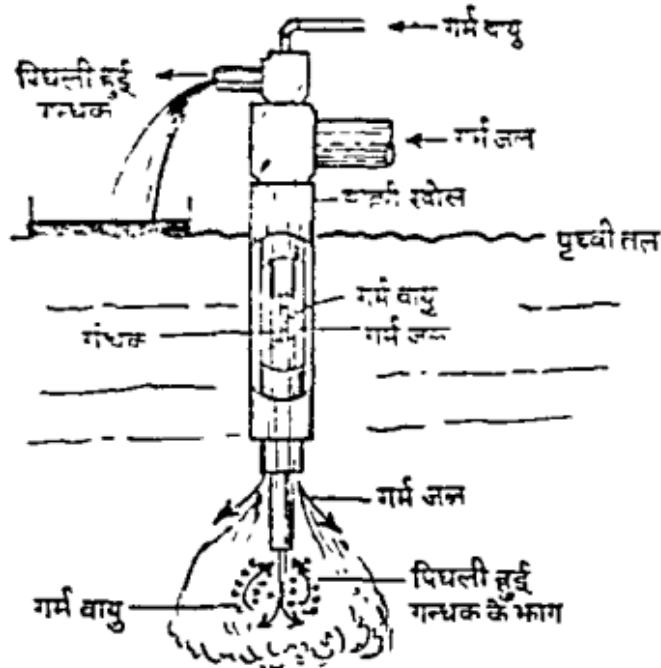
नई विधि—अमेरिका के एक औषधि विक्रेता द्वारा धरती की गहराई से गंधक निकालने की नई विधि की खोज से एक ही 'कुएँ' से इतनी विपुल मात्रा में गंधक निकालना सम्भव कर दिया कि सिसिली के गंधक उद्योग पर संकट आ गया।

यह विधि कैसे विकसित की गई इसकी बहुत रोचक कहानी है। 1859 में अमेरिका के लुसियाना प्रान्त में जमीन में करीब 150 मीटर नीचे गंधक के भण्डार पाये गये। इतनी गहराई तक उन दिनों शैफ्ट बनाकर पहुँचना बहुत कठिन था।

1891 में हर्मन फ्राश महोदय जर्मनी से आकर बसे। यहाँ वे अमेरिका के नागरिक थे। वैसे तो उन्होंने दवाइयों की दुकान लगा रखी थी पर इनकी रसायन विज्ञान में अधिक रुचि थी। जब उन्होंने जमीन के नीचे गंधक के अपार भण्डार की बात सुनी तो इस भण्डार को प्राप्त करने के लिए उनका मन उद्‌वेल उठा। उन्होंने ऐसी भूमि में सुराख कर तीन संकेन्द्री पाइप उतारने की बात सोची। ये पाइप क्रमशः 1", 3" और 6" व्यास के थे (चित्र 16.1, 16.2)।

उन्होंने सबसे अन्दर के पाइप में ऊँचे दाब पर गरम हवा व बाह्य पाइप में अतितप्त पानी भेजने का विचार किया। उन्होंने सोचा कि अतितप्त पानी से गंधक पिघल जायेगी तथा और ऊँचे दाब की गर्म हवा के कारण पिघली हुई गंधक झागदार व हल्की हो जायेगी। यह पिघली हुई झागदार गंधक बीच के पाइप से दबाव के कारण ऊपर फेंक दी जायेगी (चित्र 16.1 अ)। लोगों ने पहले उसकी कल्पना का परिहास किया किन्तु जब वह सफल हो गयी तब सबने उसकी साहसिक कल्पना व दक्षता की प्रशंसा की। यह विधि मुख्यतः अमेरिका के लुसियाना और टेक्सास प्रान्तों में गंधक निष्कर्षण में उपयोग में लायी गयी। इसे फ्राश अथवा लुसियाना विधि कहते हैं।

चित्र 16.1—फ्राश विधि से पृथ्वी से बाहर पाइप से गिरती हुई द्रवित गंधक

16.4 गंधक के भौतिक गुण

साधारण रूप में पायी जाने वाली गंधक एक हल्के पीले रग का भंगुर पदार्थ होता है। यह पानी मे अघुलनशील होती है। परन्तु कार्बन डाइसल्फाइड तथा कार्बन टेट्राक्लोराइड मे घुल जाती है। इसमे हल्की सी एक विशेष प्रकार की गध होती है। यह विद्युत की कुचालक है। गन्धक ताप की भी कुचालक है।

चित्र 16 2—फ्राश विधि द्वारा गंधक प्राप्त करना

16.5 कार्बन की भांति गंधक के भी अनेकों अपररूप

चित्र 16.3—अष्टफलकीय या विषमलम्बाक्षी गंधक

ठोस गधक पाँच अपररूपो मे पाया जाता है। इनमे दो अपररूप रवेदार अथवा क्रिस्टलीय होते हैं तथा तीन अपररूप अक्रिस्टलीय रूप मे पाये जाते हैं।

(1) अष्टफलकीय या विषमलम्बाक्षी गंधक

साधारण गधक को कार्बन डाइसल्फाइड मे घोल कर उसका धीरे-धीरे वाष्पन किया जाता है तो गधक एक विशेष प्रकार के क्रिस्टल के रूप में प्राप्त होता है जिसके क्रिस्टल का चित्र चित्र 16 3 मे दिया है।

प्रयोग—एक 150 मिली. बीकर मे करीब 20-30 मिली. कार्बन डाइसल्फाइड लेकर इसमे गधक घोल लो। इस घोल को छान कर निमांद (फिल्टरित) को एक दूसरे बीकर मे हवा मे खुला छोड़ दो। कुछ घण्टो बाद बीकर के पैंदे मे क्रिस्टल बढ़ जावेंगे जिन्हें आवर्धक लैन्स से देखो। गधक का यह अपररूप सबसे अधिक स्थायी होता है। गधक साधारणत इस अवस्था मे ही पाया जाता है। अन्य सभी गधक के रूप पड़े रखने पर धीरे-धीरे इसी रूप मे बदल जाते हैं।

(2) एकनताक्ष या प्रिज़्मी गंधक

जब गंधक को उसके द्रवणांक (114° सेंटीग्रेड) पर पिघलाकर ठण्डा होने के लिए छोड दिया जाता है तब गंधक सूई के प्रकार के क्रिस्टल में बदल जाता है। गंधक का यह रूप भी कार्बन डाइसल्फाइड में घुलनशील होता है। 96° सें. के ऊपर यह स्थायी रहता है। पर इसके नीचे अष्टभुजी रूप में बदलने लगता है। इस ताप को संक्रमण ताप कहते हैं। 119° से. पर यह रूप स्वयं पिघल जाता है। अतः यह रूप केवल 96° से. व 119° सेंटीग्रेड के बीच में ही स्थायी होता है। इसके क्रिस्टल का आकार चित्र 16.4 में देखो।

चित्र 16 4—एक-नताक्ष या प्रिज़्मी गंधक

प्रयोग—एक प्याली में करीब 1/2 भाग तक गंधक का पाउडर लो। उसको धीरे-धीरे गरम कर पिघलाओ। अब प्याली को ठण्डा होने दो। जब पिघले हुए गंधक पर पपड़ी जमने लगे तब उसको सुई से दो-चार जगह तोड कर पिघला हुआ गंधक एक ओर से निकाल लो। अब प्याली को ध्यान से आवर्धक लैंन्स से देखो। किस तरह के क्रिस्टल दिखायी देते हैं ?

(3) प्लैस्टिक गंधक

एक परखनली को करीब एक तिहाई गंधक के पाउडर से भरो। अब इसको गरम करो। तुम देखोगे कि कुछ समय बाद गंधक पिघल जाता है। गधक को गरम करते रहो। धीरे-धीरे गधक का रग काला पडने लगेगा व वह गाढा हो जायेगा। परखनली को और गरम करते रहो। काला व गाढा हुआ गंधक पुनः पिघल जायेगा और फिर वह उबलने लगेगा। इस उबलते हुए गंधक को एक पानी से भरे बीकर में उडेलो (चित्र 16 5)। तुम क्या देखते हो ? पानी में ठण्डे हुए गधक को बाहर निकाल कर हाथ से दबाओ, दोनो ओर खीचो। यह रबर के समान लचीला काला पदार्थ बन गया है। इसी को प्लैस्टिक गधक कहते हैं। इसका आपेक्षिक घनत्व 1·95 होता है। इसको कुछ दिन पडा रहने दो तो यह धीरे-धीरे विषमलम्बाक्षी रूप मे बदल जाता है। इसका थोडा सा भाग लेकर कार्बन डाइसल्फाइड में घोलने का प्रयत्न करो। तुम देखोगे कि यह घुलनशीलता में गंधक के पहले दो रूपों से भिन्न है।

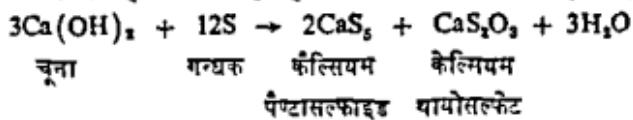
चित्र 16 5—प्लैस्टिक गंधक

(4) दूधिया गंधक

एक बीकर में कुछ बुझा हुआ चूना लो और इसमें करीब एक तिहाई गधक मिलाओ। इसमें इतना पानी डालो कि मिश्रण के ऊपर तक पानी आ जाय। अब इस बीकर को तिपाई पर रख कर गरम करो और मिश्रण को 15-20 मिनट तक अच्छी तरह उबालो। फिर बीकर को ठण्डा करके द्रव को छान लो। तुम देखोगे कि निस्यंद (फिल्ट्रेट) गहरे नारंगी रंग का है। यह द्रव फलों, पौधों तथा अंगूर की बेलों, आदि पर कीटनाशी तथा कवकनाशी की तरह कीटों व फंगाई मारने के लिए छिडका जाता है। चूने को गधक के साथ उबालने से कैल्सियम पेन्टासल्फाइड बन जाता

है जिसके पानी मे विलेय हो जाने से यह गहरे नारंगी रंग का द्रव प्राप्त होता है।

$$3Ca(OH)_2 + 12S \rightarrow 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$

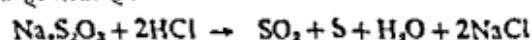
चूना　　गन्धक　　कैल्सियम　　कैल्सियम
पैण्टासल्फाइड　थायोसल्फेट

एक परखनली मे 3-4 मिली. इस नारंगी द्रव को लो। अब इसमे कुछ बूंदें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को मिलाओ। तुम देखोगे कि दूधिया गंधक अवक्षेपित हो जाता है। गंधक का यह रूप भी प्लैस्टिक गंधक की तरह अक्रिस्टलीय है। इसका आपेक्षिक घनत्व 1·82 होता है। यह जल मे अविलेय है पर कार्बनडाइसल्फाइड मे विलेय है। गंधक का यह रूप दवाई के उपयोग मे लिया जाता है।

(5) कोलाइडी गंधक

सल्फर डाइऑक्साइड के संतृप्त जल के विलयन मे हाइड्रोजन सल्फाइड गैस प्रवाहित करने से गंधक का यह रूप प्राप्त होता है। यह भी गंधक का अक्रिस्टलीय रूप है जो करीब-करीब रंगहीन है और कार्बन डाइसल्फाइड मे विलेय है।

$$SO_2 + H_2S \rightarrow 2H_2O + 3S$$

इसी प्रकार सोडियम थायोसल्फेट के विलयन में तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाने पर भी कोलाइडी गंधक अवक्षेपित हो जाता है।

$$Na_2S_2O_3 + 2HCl \rightarrow SO_2 + S + H_2O + 2NaCl$$

सोडियम थायोसल्फेट

प्रयोग—प्रत्येक रूप के गंधक की अल्प मात्रा परखनलियो मे लेकर खूब गरम करो और अंत मे जलने पर बनने वाले गैसीय पदार्थ की जाच करो। इस प्रकार तुम पाओगे कि सभी प्रकार के गंधक जैसे क्रिस्टलीय या अक्रिस्टलीय के रूप जलाने पर अंत मे एक ही प्रकार का रासायनिक पदार्थ बनाते हैं। अतः सभी प्रकार के रूप मूलत एक ही प्रकार की रासायनिक क्रिया प्रदर्शित करते है परन्तु अलग-अलग प्रकार के भौतिक गुण दर्शाते है। अतः रासायनिक दृष्टि से ये सब एक ही पदार्थ हैं।

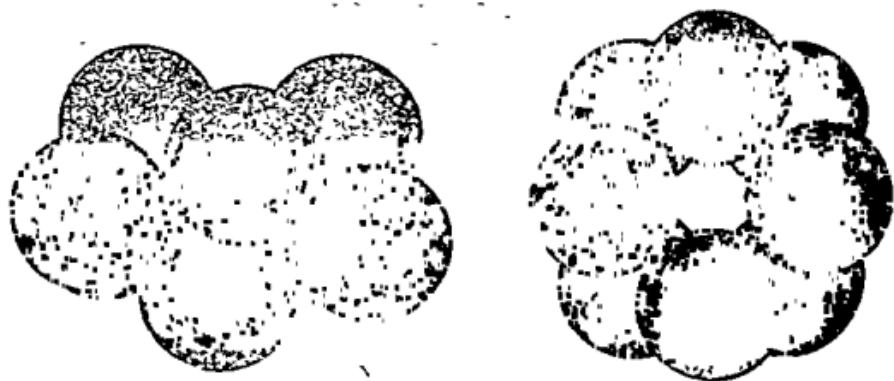
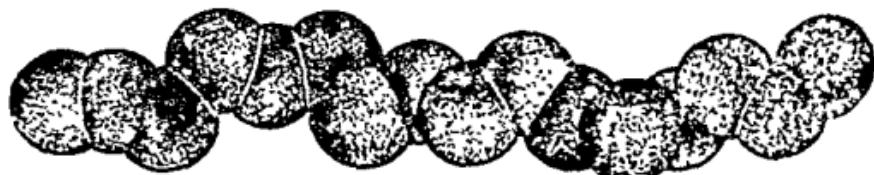
एक तत्व के विभिन्न रूप जिनके भौतिक गुण अलग-अलग हो परन्तु रासायनिक गुण एक ही हो, अपररूप कहलाते हैं तथा यह गुण अपररूपता कहलाता है।

16.6 गंधक पर ताप का प्रभाव

एक परखनली मे थोडा-सा विषमलम्बाक्षी गंधक लो, उसे गरम करो और होने वाले परिवर्तनो को ध्यान से देखो। यह 114° सें पर पिघलकर हल्के पीले रंग का द्रव बनाती है। अधिक गरम करने पर इसका रंग हल्का लाल व फिर गहरा लाल होने लगता है और 250° सें पर चिपचिपी एव गाढी हो जाती है। जब ताप 444° सें पर पहुंचता है तो यह पुन बहने लगती है और अन्त मे उबलकर वाष्प मे परिवर्तित होने लगती है जो ठण्डी होने पर गंधक के पुष्प के रूप मे परखनली के ठण्डे भाग मे एकत्र हो जाते है।

उपर्युक्त परिवर्तनो को हम गंधक की आण्विक रचना के आधार पर स्पष्ट कर सकते है।

विषमलम्बाक्षी गंधक मे गंधक के आठ परमाणु रासायनिक बन्धन द्वारा अष्टक चक्र (S_8) के

रूप मे होते है (चित्र 16.6)। गंधक के गलनांक विन्दु 114° सें. तक गरम करने पर गंधक परमाणु आपस मे एक दूसरे से बधे रहते हुए भी एक रेखा में फैल जाते हैं और गंधक द्रव अवस्था में परिवर्तित हो जाती है। 250° से. ताप पहुचने पर गधक की श्यानता में परिवर्तन होने के कारण S_8 का वलय

चित्र 16.6—गंधक की अणु रचना (साधारण ताप पर)

चित्र 16.7—गंधक की अणु रचना (250° सें. से अधिक ताप पर)

(ring) खुल जाता है और वह लम्बी शृंखला के रूप में आ जाते हैं (चित्र 16.7)। 800° सें. ताप पर ऊष्मा का रासायनिक बन्धक ऊर्जा से अधिक हो जाने के कारण गंधक के परमाणु लम्बी शृंखला से टूटकर S_2 के छोटे-छोटे समूह बनाते हैं। अर्थात् वाष्पीय अवस्था में गंधक S_2 अणु के रूप मे होती है (चित्र 16.8), वाष्प परखनली के ऊपरी भाग में गंधक के पुष्प के रूप मे एकत्र हो जाती है। गधक S_2 अणु 2000° सें. के लगभग ताप पर परमाण्वीय गंधक S मे परिवर्तित हो जाती है।

चित्र 16.8—उच्च ताप पर गंधक के अणु

16.7 गंधक के रासायनिक गुण

1. गधक हवा या ऑक्सीजन में नीली लौ मे जलकर सल्फर डाइऑक्साइड बनाती है।

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

2. उबलती हुई गधक मे हाइड्रोजन और क्लोरीन गैस प्रवाहित करने पर क्रमश: हाइड्रोजन सल्फाइड और सल्फर मोनोक्लोराइड बनते हैं।

$$H_2 + S \rightarrow H_2S$$
$$2S + Cl_2 \rightarrow S_2Cl_2$$

3. [illegible] कार्बन डाइसल्फाइड बनाती है।

$$2S + C \rightarrow CS_2$$

4. [illegible] सल्फाइड बनाती है।

$$Cu + S \rightarrow CuS$$
$$2Na + S \rightarrow Na_2S$$

5. [illegible] और हाइड्रोजन [illegible] होती है।

$$3S + 2H_2O \rightarrow 2H_2S + SO_2$$

6. [illegible] सल्फ्यूरिक अम्ल और नाइट्रिक अम्ल के साथ [illegible] नाइट्रोजन परॉक्साइड में [illegible] है।

$$S + 2H_2SO_4 \rightarrow 2H_2O + 3SO_2$$
$$S + 6HNO_3 \rightarrow 2H_2O + 6NO_2 + H_2SO_4$$

7. [illegible] का मिश्रण बनाती है।

$$4S + 6NaOH \rightarrow 2Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

16.8 गंधक के उपयोग

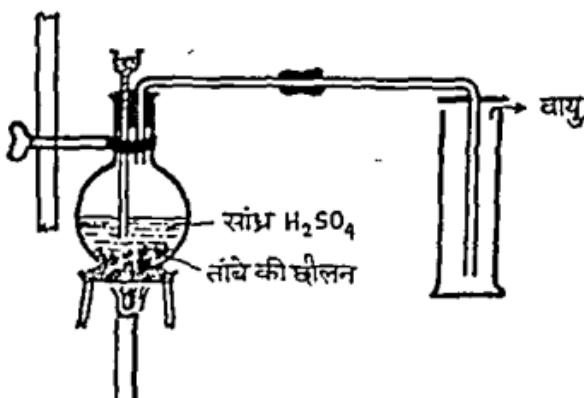
1. रबर के टायरों का जीवन गंधक पर निर्भर है। प्राकृतिक रबर से बने टायर या अन्य वस्तुएं बहुत मुलायम होते हैं व जल्दी घिस जाते हैं अथवा नष्ट हो जाते हैं। प्राकृतिक रबर को सख्त बनाने के लिए इसको गंधक के साथ मिला कर वल्कनित किया जाता है। इस क्रिया को वल्कनीकरण (Vulcanisation) कहते हैं। इससे रबर कम घिसने वाला बन जाता है।
2. तत्व रूप में गंधक अन्य पदार्थों के मिलकर विस्फोटक मिश्रण बनाने में काम आता है। जैसे बारूद कोयला, गंधक एवं शोरे का ही मिश्रण है।
3. यौगिक के रूप में गंधक सल्फर डाइऑक्साइड, सल्फ्यूरिक अम्ल, सल्फाइड्स, सल्फेट, आदि के रूप में काम आता है। सबसे अधिक उपयोगी गंधक का यौगिक सल्फर डाइऑक्साइड है जिसे रासायनिक क्रियाओं द्वारा अंत में सल्फ्यूरिक अम्ल में परिवर्तित कर दिया जाता है।
4. औषधियां बनाने में गंधक का उपयोग प्राचीन काल से आयुर्वेद में है।
5. दूधिया गंधक कीटनाशी व कवकनाशी के रूप में उपयोग की जाती है।

सल्फर डाइऑक्साइड

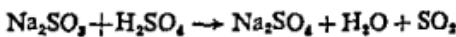
संसार के उत्पादित गंधक के 90% भाग को वायु में जलाकर सल्फर डाइऑक्साइड गैस प्राप्त की जाती है।

इसे ऑक्सीकृत करके व पानी में घोलने पर 'रासायनिक उद्योगों का राजा' सल्फ्यूरिक अम्ल तैयार किया जाता है।

16.9 प्रयोगशाला में सल्फर डाइऑक्साइड गैस कैसे बनायी जाती है ?

(1) एक चौड़े मुँह के फ्लास्क में लगभग दो या तीन ग्राम सोडियम सल्फाइड लेते हैं। इस पर दो छेद वाला कॉर्क लगाकर एक छिद्र में थिसिल कीप तथा दूसरे में निकास नली लगा देते हैं। थिसिल कीप में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल डालते हैं। निकलने वाली गैस को उपरिमुख

चित्र 16.9—प्रयोगशाला में सल्फर डाइऑक्साइड बनाना

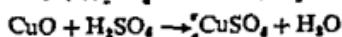
से वायु के विस्थापन द्वारा गैस जारों में एकत्र कर लेते हैं। गैस जार गैस से भरा है या नहीं इसके लिए गीला नीला लिटमस पत्र जार के मुँह पर ले जाओ। यदि वह लाल हो जाता है तो यह गैस जार के भर जाने का सूचक है।

$$Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$$

(2) प्रयोगशाला में सल्फर डाइऑक्साइड गैस को ताँबे की छीलन (Copper Turning) को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ गरम करके भी बनाया जा सकता है।

एक फ्लास्क जिसमें कुछ ताँबे की छीलन हो तथा जिसमें थिसिल कीप एवं निकास नली लगी हो, लेते हैं। चित्र 16.9 के अनुसार कीप से फ्लास्क में सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल डालकर फ्लास्क को गरम करते हैं। निकलने वाली सल्फर डाइऑक्साइड गैस को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल की बोतल में प्रवाहित करके शुष्क करने के पश्चात् गैस जार में वायु के उपरिमुख से विस्थापन (Upward Displacement) द्वारा एकत्र कर लेते हैं।

$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

क्रिया में पहले क्यूप्रिक ऑक्साइड बनता है जो सल्फ्यूरिक अम्ल से क्रिया करके कॉपर सल्फेट बनाता है।

$$Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuO + H_2O + SO_2$$
$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$$

16.10 सल्फर डाइऑक्साइड के भौतिक गुण

(1) यह रंगहीन गैस है। इसकी गंध जलते हुए गंधक जैसी होती है। यह विषैली है।

(2) यह ठण्डे जल में पर्याप्त विलेय है। 20° से. पर एक मिली. जल में लगभग 40 मिली. घुल जाती है। इसी कारण इसे पानी के हटाव की रीति से एकत्र नहीं किया जाता।

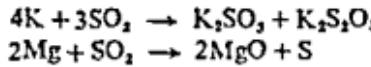
(3) यह हवा की अपेक्षा 2.2 गुनी भारी है।

(4) इसे 1.5 वायुमण्डलीय दाब और 0° सेंटीग्रेड ताप पर सरलता से द्रव में परिणित किया जा सकता है। द्रव सल्फर डाइऑक्साइड का क्वथनांक − 10° से. है तथा − 75° से. पर इसे ठोस में बदला जा सकता है

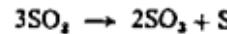
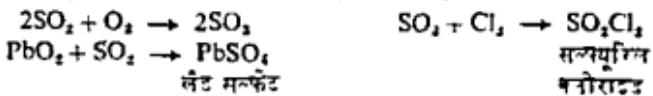
(5) द्रव सल्फर डाइऑक्साइड में फॉस्फोरस, गंधक व आयोडीन घुल जाते हैं।

16.11 सल्फर डाइऑक्साइड के रासायनिक गुण

(1) यह न जलती है और न जलने में सहायक ही है, परन्तु पोटैशियम और मैग्नीशियम इसमें जलते रहते हैं।

$$4K + 3SO_2 \rightarrow K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$
$$2Mg + SO_2 \rightarrow 2MgO + S$$

मैग्नीशियम का तार इसमें जलाकर गैस जार की दीवारों पर ध्यानपूर्वक देखो कि वहाँ पीले रंग का गंधक कहीं-कहीं चिपका दिखायी देता है।

(2) अपघटन—विद्युत चिंगारी (Electric Spark) द्वारा या 1200° से. पर यह सल्फर ट्राइऑक्साइड और सल्फर में अपघटित हो जाती है।

$$3SO_2 \rightarrow 2SO_3 + S$$

(3) योगात्मक यौगिक बनाना—यह ऑक्सीजन, क्लोरीन और लैड ऑक्साइड, आदि के साथ योगात्मक यौगिक (Additional Compound) बनाती है।

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 \qquad SO_2 + Cl_2 \rightarrow SO_2Cl_2 \text{ (सल्फ्यूरिल क्लोराइड)}$$
$$PbO_2 + SO_2 \rightarrow PbSO_4 \text{ (लैड सल्फेट)}$$

(4) अम्लीय प्रकृति—

(अ) यह पानी में मिलकर सल्फ्यूरस अम्ल बनाती है। इसी से उसे सल्फ्यूरस अम्ल का ऐनहाइड्राइड (सल्फ्यूरस अम्ल) भी कहते हैं।

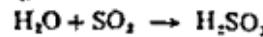
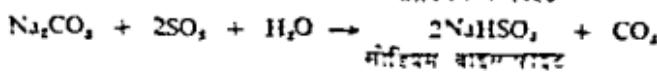
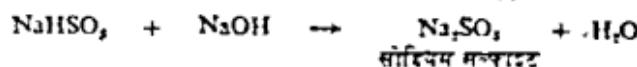
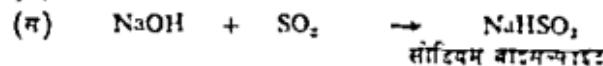
$$H_2O + SO_2 \rightarrow H_2SO_3$$

यह नीले लिटमस को लाल कर देती है।

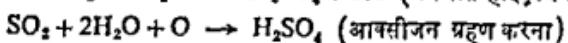
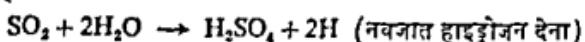
(ब) यह क्षारों से मिलकर लवण व पानी बनाती है।

(स) $NaOH + SO_2 \rightarrow NaHSO_3$ (सोडियम बाइसल्फाइट)

$NaHSO_3 + NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$ (सोडियम सल्फाइट)

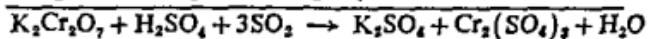
$Na_2CO_3 + 2SO_2 + H_2O \rightarrow 2NaHSO_3 + CO_2$ (सोडियम बाइसल्फाइट)

(5) अपचायक के रूप में—नम सल्फर डाइऑक्साइड नवजात हाइड्रोजन दे सकती है औ ऑक्सीकारक पदार्थ की उपस्थिति में ऑक्सीजन ग्रहण कर सकती है। दोनों ही परिस्थितियों में य प्रबल अपचायक है।

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H \text{ (नवजात हाइड्रोजन देना)}$$

$$SO_2 + 2H_2O + O \rightarrow H_2SO_4 \text{ (आक्सीजन ग्रहण करना)}$$

(अ) अम्लीय पोटैशियम डाइक्रोमेट में इसे प्रवाहित करने से क्रोमियम सल्फेट बनता है और विलयन का रंग हरा हो जाता है।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3O$$

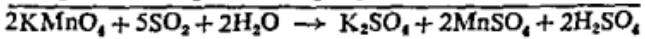
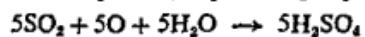
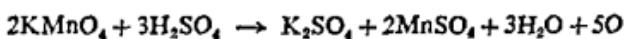
$$3SO_2 + 3O + 3H_2O \rightarrow 3H_2SO_4$$

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

(पोटैशियम डाइक्रोमेट) (केसरिया) — (पोटैशियम सल्फेट) (रंगहीन) — (क्रोमिक सल्फेट) (हरा रंग)

(ब) अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट के विलयन में प्रवाहित करने से विलयन का रंग उड़ा देती है।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5O$$

$$5SO_2 + 5O + 5H_2O \rightarrow 5H_2SO_4$$

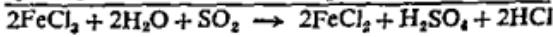
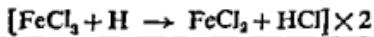
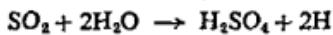
$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

(बैंगनी लाल) — (रंगहीन) (लगभग रंगहीन)

(स) फैरिक लवणों को फैरस लवणों में बदल देती है।

फैरिक क्लोराइड के विलयन में सल्फर डाइऑक्साइड गैस प्रवाहित करने से फैरस क्लोराइड बनता है।

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H$$

$$[FeCl_3 + H \rightarrow FeCl_2 + HCl] \times 2$$

$$2FeCl_3 + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$

(फैरिक क्लोराइड) — (फैरस क्लोराइड)

यह परिवर्तन तुम फैरिक क्लोराइड के रंग परिवर्तन से देख सकते हो।

फैरिक क्लोराइड विलयन गहरे नारंगी रंग का होता है पर फैरस क्लोराइड हल्के हरे रंग का होता है।

(द) फैरिक सल्फेट के विलयन को फैरस सल्फेट के विलयन में परिवर्तित कर देती है।

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 2H \rightarrow 2FeSO_4 + H_2SO_4$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

(फैरिक सल्फेट) — (फैरस सल्फेट)

(6) ऑक्सीकारक के रूप में—सल्फर डाइऑक्साइड गैस ऑक्सीकारक के रूप में भी कार्य करती है। निम्न अभिक्रियाएं इस तथ्य को सिद्ध करती हैं—

$$PbO_2 + SO_2 \rightarrow PbSO_4$$
$$2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$$
$$3Fe + SO_2 \rightarrow 2FeO + FeS$$
$$2Mg + SO_2 \rightarrow 2MgO + S$$
$$4K + 3SO_2 \rightarrow K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$

(7) विरंजन क्रिया (Bleaching Action)

(क) नमी की उपस्थिति में सल्फर डाइऑक्साइड गैस रंगीन पदार्थों का रंग उड़ा देती है।

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$, $H_2SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H$

रंगीन पदार्थ + 2H → रंगहीन पदार्थ

परन्तु हाइड्रोजन के संयोग से बना हुआ रंगीन पदार्थ अस्थायी होता है और वायु की ऑक्सीजन से संयोग कर ऑक्सीकृत होकर पुन: रंगीन हो जाता है।

16.12 सल्फर डाइऑक्साइड एवं क्लोरीन की विरंजन क्रियाओं में अन्तर

(1) सल्फर डाइऑक्साइड की विरंजन क्रिया नवजात हाइड्रोजन द्वारा रंगीन पदार्थों के अपचयन के कारण होती है, परन्तु क्लोरीन की विरंजन क्रिया नवजात ऑक्सीजन द्वारा रंगीन पदार्थों के ऑक्सीकरण के कारण होती है।

(2) सल्फर डाइऑक्साइड द्वारा विरंजन सदैव स्थायी नहीं होता। यह पदार्थों को हवा में रखने पर नष्ट हो सकता है क्योंकि हवा की ऑक्सीजन से रंगहीन पदार्थ ऑक्सीकृत होकर पुन: रंगीन पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है। क्लोरीन द्वारा विरंजन स्थायी होता है।

(3) क्लोरीन की अपेक्षा सल्फर डाइऑक्साइड हल्का (mild) विरंजक है। यही कारण है कि सल्फर डाइऑक्साइड रेशम, ऊन, मुलायम रेशे, आदि को विरंजित करने के लिए प्रयोग की जाती है।

16.13 सल्फर डाइऑक्साइड के उपयोग

सल्फर डाइऑक्साइड का उपयोग निम्न कार्यों में होता है

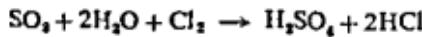
(i) सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण में।

(ii) जीवाणुनाशक के रूप में।

(iii) लकड़ी, ऊन, रेशम के विरंजन में।

(iv) शक्कर को स्वच्छ तथा रंगहीन करने में।

(v) प्रतिक्लोर (Antichlor) के रूप में। क्लोरीन द्वारा विरंजित किये गये पदार्थों से अनावश्यक क्लोरीन को दूर करने के लिए सल्फर डाइऑक्साइड प्रयोग में लाते हैं।

$$SO_2 + 2H_2O + Cl_2 \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$$

इस प्रकार सल्फर डाइऑक्साइड गैस प्रतिक्लोर के रूप में काम में लायी जाती है।

16.14 निम्नलिखित प्रयोग कर निरीक्षण करो :

(1) रग का निरीक्षण—रगहीन।

(2) सावधानीपूर्वक गध सूघें—जलते गंधक जैसी।

(3) SO_2 गैस भरी परखनली का खुला सिरा ज्वाला के नजदीक लाने पर गैस नहीं जलती।

(4) मैग्नीशियम तार को सल्फर डाइऑक्साइड में जलाना—तार को चिमटे से पकड़ कर सल्फर डाइऑक्साइड से भरे जार में जलाओ। तुम देखोगे कि यह लगातार जलता रहता है। जब पूरा जल जाए तब चिमटे को हटा लो। गैस जार मे गधक के कण किनारो पर चिपके हुए दिखायी देंगे।

(5) एक गैस जार को पानी मे उल्टा कर कॉर्क हटा दो। पानी के ऊपर चढाव को देखो। यह दर्शाता है—

(अ) गैस पानी में अत्यधिक विलेय है।

(ब) लिटमस के प्रति अम्लीय प्रभाव रखती है।

(6) एक अन्य परखनली मे जिसमे गैस भरी हुई है, अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट की कुछ बूदें डाल कर निरीक्षण करो कि क्या होता है।

(7) अन्य गैस से भरे गैस जार मे हाल ही में तोडा गया रंगीन नम फूल डालो तथा रग परिवर्तन को देखो। विरंजित हो जाने के पश्चात् गैस जार को साफ कर लो। अब इस फूल को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल मे बार-बार डुबाओ। क्या देखते हो?

(8) गैस से भरे एक अन्य गैस जार मे जल की कुछ मात्रा मिलाओ। सल्फ्यूरस अम्ल बनता है जो कि गैस के समान ही गुण रखता है, जैसे अम्लीय, अवकारक तथा विरंजक गुण, आदि।

16.15 सल्फाइट का परीक्षण कैसे करें?

प्रयोगशाला में जिस प्रकार यह गैस तैयार की गयी तथा इस गैस के जो गुण तुमने देखे उनके आधार पर क्या तुम बता सकते हो कि सल्फाइट का परीक्षण कैसे किया जा सकता है? दिये हुए सल्फाइट पर तनु गधक का अम्ल डालो और निकलने वाली गैस को सूंघो। इसकी गंध की गधक के जलने से उत्पन्न गध से तुलना करो। फिर परखनली के मुँह पर पोटैशियम डाइक्रोमेट में भीगा पत्र लाओ। यदि वह हरा हो जाता है तो क्या प्रदर्शित करेगा? वह हरा क्यो हो जाता है? यही सल्फाइट का परीक्षण है।

पुनरावलोकन

प्राचीन तथा आधुनिक औषधि विज्ञान मे गधक तथा इससे बनने वाले यौगिकों का बहुत अधिक महत्त्व है। यह तत्त्व प्रकृति मे स्वतन्त्र एवं सयुक्त दोनो अवस्थाओं मे पाया जाता है। इस तत्त्व को शुद्ध अवस्था मे प्राप्त करने के लिए अनेक विधियां प्रयोग मे ली जाती हैं। विशेष उपयोगी विधि "फ्राश विधि" कहलाती है। कार्बन एव फॉस्फोरस की तरह यह तत्त्व भी बिरूपीय

(अष्टफलकीय, प्रिज्मैटिक) व अक्रिस्टलीय (प्लैस्टिक, दूधिया, कोलाइडी) अपररूपों में पाया जाता है। विभिन्न तापक्रमों पर अपररूप एक दूसरे में परिवर्तित किये जाते हैं। अपररूप विभिन्न ज्यामिति आकार के होते हैं। सभी अपररूपों के रासायनिक गुण समान होते हैं। प्रत्येक अपररूप के परमाणु के बाह्य कक्ष में 6 इलैक्ट्रॉन होते हैं। गंधक के सबसे अधिक उपयोगी यौगिक सल्फर डाइऑक्साइड तथा इसके तैयार किये जाने वाला सल्फ्यूरिक एसिड है। सल्फर डाइऑक्साइड एक अपचायक तथा सल्फ्यूरिक एसिड एक ऑक्सीकारक अभिकारक की तरह उपयोग किया जाता है। इसके अलावा गंधक का उपयोग कीटनाशक, फफूंद-विरोधक एवं चर्म रोगों की औषधियों के रूप में किया जाता है। "सल्फाडाइजीन, पैण्टिड सल्फा, सल्फेनिल एमाइड, सल्फामेरेजीन, डीमल्फीन, सल्फागवानिडीन, सल्फा थायोजोल, आदि औषधियों में गंधक का उपयोग किया जाता है।

प्रयोगशाला में गंधक यौगिक सल्फ्यूरेटेड हाइड्रोजन (H_2S) का उपयोग एक प्रतिकारक के रूप में किया जाता है। गंधक स्वयं अक्रियाशील तत्त्व है परन्तु ऑक्सीजन में हल्की नीली लौ के साथ जलता है। जस्ता, लोहा, तांबा उच्च ताप पर गंधक से संयुक्त होकर सल्फाइड्स यौगिक बनाते हैं। रासायनिक क्रियाओं में गंधक की संयोजकता 2, 4 तथा 6 होती है।

अध्ययन प्रश्न

1 निम्न के बारे में अपने विचार संक्षेप में प्रकट करो
 गंधक के फूल, नेम्डा गंधक, दूधिया गंधक, म्यू गंधक, एकनताक्ष गंधक, अष्टफलकीय गंधक।
2 अष्टफलकीय गंधक का सूत्र क्या है—इस सूत्र को रासायनिक समीकरणों में उपयोग क्यों नहीं **किया जाता है ?**
 प्लैस्टिक गंधक किस प्रकार बनाया जाता है ? यह किस प्रकार अष्टफलकीय रूप से भिन्न होता है ?
3 (अ) कोलोइडी गंधक तथा गंधक के फूलों में अन्तर स्पष्ट करो।
 (ब) बारूद में कुछ भाग गंधक का मिला रहता है। इसमें से गंधक किस प्रकार अलग करोगे ?
4 निम्नलिखित के कारण स्पष्ट करो
 (अ) एक विद्यार्थी ने गंधक के टुकड़े को इतना गरम किया कि काला पड़ गया—एक सप्ताह बाद देखने पर उसका रंग हल्का तथा वह भंगुर पाया गया कारण बताओ।
 (ब) सोडियम थायोसल्फेट में हाइड्रोक्लोरिक एसिड डालने से कोलाइडी गंधक बनता है परन्तु सल्फर डाइऑक्साइड के जलीय संतृप्त घोल से प्राप्त नहीं होता।
5. सल्फर डाइऑक्साइड के निम्न रासायनिक गुणों का एक उदाहरण दो व समीकरण भी लिखो।
 (अ) अपचायक के रूप में, (ब) ऑक्सीकारक के रूप में, (स) संकलनक अभिकारक के रूप में, (द) विरंजन कारक के रूप में।
6. रासायनिक समीकरण के आधार पर एक टन सल्फ्यूरिक एसिड बनाने के लिए कितने किलो गंधक चाहिए ?
7. गंधक के पांच यौगिकों के इलैक्ट्रॉन सूत्र बनाओ।
8. सल्फाइट आयन को प्रयोगशाला में कैसे पहचानोगे ?

प्रयोगशाला क्रियाएं/परियोजनाएं/रोचक प्रयोग

1. पुस्तकों का अध्ययन कर विज्ञान कक्ष में अध्यापक से राय लेकर बारूद बनाओ। शोरा, तथा कोयले का अनुपात 15 : 3 : 2 रहता है। इसके अलावा अन्य अनुपातों में बारूद ब उसके भौतिक तथा रासायनिक गुणों का अध्ययन करो।
2. उदयपुर का जिंक स्मेल्टर कारखाना तथा कोटा का डी.सी.एम. का कारखाना देखें बाद गंधक को सल्फ्यूरिक एसिड में बदलने का प्रतिवेदन तैयार करो।
3. कुछ धातुओं को उच्च तापक्रम पर गंधक से संयुक्त करो तथा बनने वाले यौगिकों तनु हाइड्रोक्लोरिक या सल्फ्यूरिक एसिड क्रमशः डालो तथा ज्ञात करो कि किस यौगिक क्रिया आसानी से होती है, किस पर बिलकुल नहीं। बनने वाले गैसीय यौगिक की जाँच क

अभ्यास प्रश्न

1. सल्फर का चूरा धीरे-धीरे उसके क्वथनांक तक गरम किया। प्रेक्षण इस प्रकार रहे :
   (1) वह तुरन्त संक्रमण तापक्रम पर एकनताक्ष गंधक में परिवर्तित हो गया।
   (2) द्रवित होकर एम्बर (कहरवा) रंग का द्रव हो गया।
   (3) द्रव प्रारम्भ में बहता हुआ था।
   (4) द्रव 160° सें. के लगभग काला हो गया।
   (5) अपने क्वथनांक पर द्रव लगभग काला हो गया।

   इनमें से कौनसे प्रेक्षण ठीक रहे :
   (अ) पाँचों।
   (ब) 1, 2, 4 व 5.
   (स) 1, 2, 3 व 4.
   (द) 2, 3, 4 व 5.
   (इ) कोई और संयोग। (
2. फ्राश विधि से सल्फर निकालने के लिए भूमि में पम्प करते है :
   (अ) जलवाष्प व अतितप्त जल।
   (ब) अतितप्त जल व गरम वायु
   (स) कार्बन डाइसल्फाइड व गरम जल।
   (द) जल, गरम वायु व एक उत्प्रेरक।
   (इ) पदार्थों का कोई और संयोग। (
3. गंधक को जलाकर ऑक्सीजन के जार में डालने पर तुम क्या परिवर्तन देखोगे ?
   (अ) पीली ज्वाला।
   (ब) चमकीली श्वेत ज्वाला।
   (स) सल्फर डाइऑक्साइड का रंगहीन धुआँ।
   (द) नीली ज्वाला बनाता हुआ एक क्षारीय ऑक्साइड।
   (इ) सल्फर डाइऑक्साइड का थोड़ा-सा श्वेत धुआँ। ( )

4. सल्फर डाइआक्साइड व कार्बन डाइऑक्साइड दोनों ही अपचित हो जाती हैं :

(अ) मैग्नीशियम से।

(ब) जल मे।

(स) हाइड्रोजन सल्फाइड में।

(द) अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट से।

(इ) सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से। ( )

5. सल्फर डाइऑक्साइड विरंजन करती है। अपचयन से और उसके परिवर्तन के लिए उपयुक्त समीकरण होगा

(अ) $SO_2 + O \rightarrow SO_3$

(ब) $SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e$

(स) $H_2SO_3 + O \rightarrow H_2SO_4$

(द) $SO_2 + O + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

(ई) $2SO_2 + O_2 + 2H_2SO \rightarrow 2H_2SO_4$ ( )

6. सान्द्र नाइट्रिक अम्ल मे सल्फर डाइऑक्साइड प्रवाहित करने पर

(1) क्रिया के ऊष्माक्षेपी होने के कारण उत्पाद गरम हो जाता है।

(2) लाल भूरा धुआं बनता है।

(3) सल्फर अवक्षेपित हो जाता है।

(4) सल्फ्यूरिक अम्ल बनता है।

(5) सल्फर डाइऑक्साइड का श्वेत धुआ बनता है।

इनमे से कौनसी विकल्पनाए सत्य हैं :

(अ) 5 के अतिरिक्त सारी।

(ब) केवल 2, 3 व 4।

(स) केवल 1, 2 व 3।

(द) केवल 1, 2 व 4।

(ई) केवल 1, 2 व 5। ( )

7. सल्फर डाइऑक्साइड की ऑक्सीकरण क्रिया निम्न समीकरण बनाती है

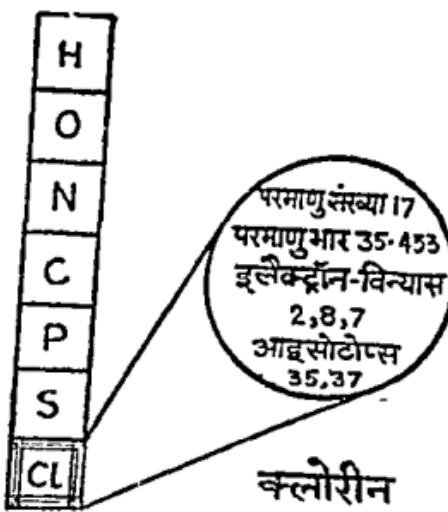
(अ) $SO_2 + 2HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 2NO_2 +$ ऊष्मा

(ब) $SO_2 + 2H_2O + Cl_2 \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$

(स) $2SO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2H_2SO_4$

(द) $SO_2 + 2H_2O \rightarrow 3S + 2H_2O$

[उत्तर : 1. (द) 2. (ब) 3. (इ) 4. (अ) 5 (द) 6. (द) 7 (द)]

इकाई 17

क्लोरीन

17.1 क्लोरीन की खोज स्वीडन निवासी एक रसायनज्ञ ने की

यूरोप मे 18वी शताब्दी के उत्तरार्द्ध मे प्रीस्टले, केवेण्डिश, लेवोशिये, आदि वैज्ञानिको ने आक्सीजन, हाइड्रोजन, आदि गैसो को खोज निकाला था। ये वैज्ञानिक वायु, जल, आदि साधारण पदार्थों पर किये गये प्रयोगो के आधार पर उनकी रचना व परिवर्तनो का अध्ययन कर रहे थे। इन्ही दिनो स्वीडन मे शीले नामक एक रसायनज्ञ रहते थे। उनके विषय मे कहा जाता है कि उन्होने प्रीस्टले से भी पहले ऑक्सीजन की खोज करली थी। इन्ही शीले महोदय ने 1774 मे क्लोरीन गैस को नमक के अम्ल पर मैंगनीज डाइऑक्साइड की क्रिया द्वारा पृथक किया। तुम्हारा यह परिचित नाम क्लोरीन उनका दिया हुआ नही है। उन्होने इस गैस को एक लम्बा-चौटा नाम दिया जिसका भावार्थ था—"फ्लोजिस्टन निष्कासित सागर अम्लवायु।" लगभग चालीस वर्ष

इसमें एक U की आकृति का सछिद्र स्टील का बर्तन होता है जिसके अन्दर की ओर एस्बेस्टस का पट (पर्दा) लगा रहता है। इस बर्तन में लवण जल भर देते हैं जिसमें एक ग्रेफाइट छड़ लटका दी जाती है। इस सादे उपकरण को बैटरी से ऐसे जोड़ते है कि स्टील का बर्तन कैथोड (−ऋण) तथा ग्रेफाइट की छड़ ऐनोड (+धन) बन जाय। एस्बेस्टस का पट कैथोड तथा ऐनोड को अलग-अलग रखने का कार्य करता है।

चित्र 17.2—नेलसन सेल द्वारा क्लोरीन का उत्पादन

क्लोराइड आयन ऐनोड पर जाकर अपना आवेश देकर क्लोरीन गैस में परिणित हो जाते हैं और ऐनोड पर गैस निकलने लगती है। कैथोड पर जल इलैक्ट्रॉन लेकर हाइड्रॉक्सिल आयन व हाइड्रोजन गैस बनाता है।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \text{ (ऐनोड पर)}$$

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2 \text{ (कैथोड पर)}$$

इस प्रकार कैथोड पर हाइड्रोजन प्राप्त होती है।

यहा तुमने देखा कि एक सस्ते से सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन पर विद्युत ऊर्जा के प्रभाव से मूल्यवान पदार्थ हाइड्रोजन, क्लोरीन और कॉस्टिक सोडा प्राप्त किए जाते हैं।

17.4 क्लोरीन के भौतिक गुण

1. यह हल्के पीले रग की गैस है।
2. सूघने पर इससे दम घुटने लगता है। यह एक विषैली गैस है।
3. यह वायु से $2\frac{1}{2}$ गुना भारी है।
4. यह शीतल जल में गर्म जल की अपेक्षा अधिक विलेय है।
5. इसको द्रवित किया जा सकता है। द्रव क्लोरीन का क्वथनांक −35° से. है। इस द्रव को ठण्डा करने पर यह ठोस में परिणित हो जाती है जिसका गलनांक −102° से होता है।

17.5 क्लोरीन के रासायनिक गुण

क्लोरीन अत्यन्त क्रियाशील गैस है

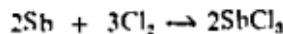
क्लोरीन से 4–5 गैस जार भर लो। फिर एक में सावधानी से एण्टीमनी चुरादा छिड़को। तुम देखोगे कि एण्टीमनी तुरन्त जल उठता है।

$$2Sb + 3Cl_2 \rightarrow 2SbCl_3$$

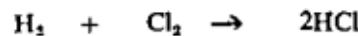
एक दूसरे जार में तार्पीन के तेल में भीगा हुआ एक फिल्टर पेपर का टुकड़ा डालो। वह भी एक दम जल उठेगा और बहुत धुआं उठता है।

$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 \rightarrow 16HCl + 10C$$

तार्पीन का तेल क्लोरीन हाइड्रोजन क्लोराइड कार्बन

इसी प्रकार क्लोरीन के जार में जलता हुआ गंधक, फास्फोरस, आदि पदार्थ ले जाओ और क्रियाएँ देखो।

हाइड्रोजन के प्रति क्लोरीन का विशेष आकर्षण है

एक जार हाइड्रोजन गैस से व दूसरा क्लोरीन गैस से भरो। अब एक जार का मुंह दूसरे के ऊपर रखकर (चित्र 17.3) सावधानी से सूर्य के प्रकाश में रखो। कभी विस्फोट भी हो सकता है। तुम देखोगे कि काफी ताप उत्पन्न होता है व दोनों जार में एक नई गैस बन जाती है।

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

हाइड्रोजन क्लोरीन हाइड्रोजन क्लोराइड

अब तुम अनुमान लगा सकते हो कि क्लोरीन प्रकृति में मुक्त अवस्था में क्यों नहीं मिलती? प्रकृति में अन्य तत्वों विशेषकर धातुओं के यौगिकों (क्लोराइडों), के रूप में यह बहुतायत से मिलती है—जैसे सोडियम क्लोराइड, कैलसियम क्लोराइड पोटैशियम क्लोराइड, आदि। ये लवण विभिन्न प्रतिशत मात्रा में समुद्र के जल में विद्यमान है।

क्लोरीन क्षारों के साथ अभिक्रिया कर लवण बनाती है।

कास्टिक सोडा के साथ क्लोरीन की क्रिया ताप पर पूर्णत निर्भर है—

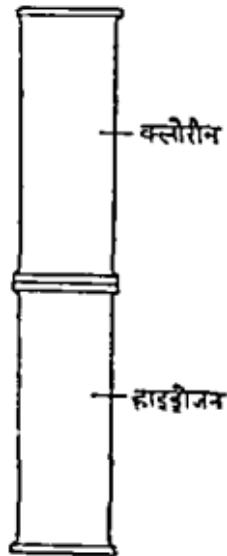
तनु व ठण्डे कॉस्टिक सोडा और क्लोरीन से सोडियम क्लोराइड व सोडियम हाइपोक्लोराइट बनता है।

$$2NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + H_2O + NaClO$$

सान्द्र व गर्म कॉस्टिक सोडा और क्लोरीन से सोडियम क्लोराइड व सोडियम क्लोरेट बनता है।

$$6NaOH + 3Cl_2 \rightarrow 5NaCl + NaClO_3 + H_2O$$

अमोनिया से क्रिया से बनने वाले पदार्थ क्लोरीन की मात्रा पर निर्भर करते हैं।

चित्र 17.3—सूर्य के प्रकाश में क्लोरीन व हाइड्रोजन की क्रिया

अमोनिया की अधिक मात्रा के साथ $\begin{cases} 8NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow N_2 + 6NH_4Cl \\ \text{अमोनिया} \quad \text{क्लोरीन} \quad \text{नाइट्रोजन} \quad \text{अमोनियम क्लोराइड} \end{cases}$

अमोनिया की कम मात्रा के साथ $\begin{cases} NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow NCl_3 + 3HCl \\ \text{अमोनिया} \quad \text{क्लोरीन} \quad \text{विस्फोटक ट्राइक्लोराइड} \quad \text{हाइड्रोजन क्लोराइड} \end{cases}$

चूने और क्लोरीन की क्रिया चूने के रूप पर निर्भर है

क्लोरीन की क्रिया चूने के पानी अथवा चूने के गाढ़े विलयन (दूधिया चूना या Milk of Lime) से उसी प्रकार होती है जैसे कि कॉस्टिक सोडा से।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + Ca(OCl)_2$$

चूने का पानी (कैल्सियम हाइपोक्लोराइट)

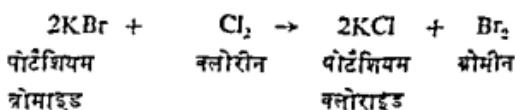
$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 \rightarrow 5CaCl_2 \rightarrow 6H_2O + Ca(ClO_3)_2$$

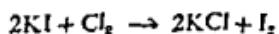
चूने का गाढ़ा विलयन (कैल्सियम क्लोरेट)

ब्रोमीन व आयोडीन को क्लोरीन उनके यौगिकों में से मुक्त कर देती है

प्रयोग—एक ब्रोमाइड लवण का विलयन परखनली में लो। उसमें दो-तीन बूँदें क्लोरोफॉर्म की डालो, ये उसकी पेंदी में बैठ जाती हैं। अब इस विलयन में क्लोरीन धीरे-धीरे प्रवाहित करो तथा परखनली को भली भांति हिलाओ। तुम देखोगे कि पेंदी में क्लोरोफार्म का रंग नारंगी लाल हो गया है। अधिक मात्रा में क्लोरीन प्रवाहित करने पर यह रंग उड़ जाता है। क्लोरीन द्वारा यौगिक में ब्रोमीन के स्थान पर स्वयं चले जाने के कारण पहले तो ब्रोमीन मुक्त होकर क्लोरोफार्म में घुल जाती है किन्तु अधिक क्लोरीन प्रवाहित करने पर यह ब्रोमीन का रंग उड़ा देती है।

$$2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$$

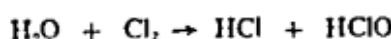
पोटैशियम ब्रोमाइड, क्लोरीन, पोटैशियम क्लोराइड, ब्रोमीन

इसी प्रकार आयोडाइड लवण लेने पर पहले तो आयोडीन क्लोरोफार्म में शरण लेती है तथा उसका रंग बैंगनी कर देती है। तदुपरान्त यदि क्लोरीन अधिक मात्रा में प्रवाहित की जाय तो उसका रंग भी उड़ा देती है।

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$$

इन उपर्युक्त प्रयोगों से क्लोरीन, ब्रोमीन और आयोडीन की सक्रियता के बारे में क्या निष्कर्ष निकालते हो? स्पष्ट है कि क्लोरीन, ब्रोमीन अथवा आयोडीन दोनों से अधिक सक्रिय है।

17.6 क्लोरीन के उपयोग

स्वयं रंगीन क्लोरीन दूसरी वस्तुओं को रंगविहीन क्यों कर देती है?

प्रयोग—सूखी क्लोरीन गैस के तीन जार लो और एक में कुछ रंगीन गीले फूल, दूसरे में रंगीन गीले कपड़े के टुकड़े तथा तीसरे में सूखे रंगीन कपड़े डालो और कुछ समय तक पड़े रहने दो। तुम देखोगे कि सूखे कपड़े के रंग पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता किन्तु फूलों व गीले कपड़े का रंग उड़ जाता है अथवा बहुत हल्का हो जाता है। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि क्लोरीन गीली वस्तुओं का रंग उड़ा देती है।

क्लोरीन की इस रंगविहीन करने की प्रक्रिया को वैज्ञानिकों ने सूक्ष्मता से अध्ययन के परिणाम स्वरूप ज्ञात किया कि पहले पानी क्लोरीन की क्रिया से हाइपोक्लोरस अम्ल बनाती है जो तुरन्त विच्छेदित होकर नवजात आक्सीजन (Nascent Oxygen) बनाता है।

$$H_2O + Cl_2 \rightarrow HCl + HClO$$

हाइपोक्लोरस अम्ल

$$HClO \rightarrow HCl + O$$

नवजात ऑक्सीजन

(रंगीन पदार्थ) + O → (रंगहीन पदार्थ)

नवजात ऑक्सीजन

नवजात ऑक्सीजन परमाण्वीय रूप में साधारण ऑक्सीजन की अपेक्षा अत्यन्त क्रियाशील होती है तथा रंगीन पदार्थों का ऑक्सीकरण कर देती है जिससे वे रंगविहीन हो जाते हैं। अतः, यह नवजात ऑक्सीजन है जो रंग उड़ाने का कार्य करती है। क्लोरीन इस क्रिया में नवजात ऑक्सीजन बनाने के लिए उत्तरदायी अवश्य है।

सूती कपड़ों का रंग उड़ाने के लिए इसका उपयोग किया जाता है। रेशमी कपड़ों या ऊनी कपड़ों पर इसको विरंजक किया नहीं करायी जा सकती क्योंकि उनके तन्तु क्लोरीन से नष्ट हो जाते हैं।

क्लोरीन प्राण रक्षा कैसे करती है ?

क्लोरीन का दूसरा बड़ा उपयोग यह है कि यह पानी को कीटाणु रहित करने में काम आती है। तुमको नल के पानी में बहुधा क्लोरीन की गन्ध आती रहती है। यह जल में मिश्रित क्लोरीन के कारण ही होता है। पानी की टंकियों में पीने का पानी घरों तक पहुँचाने से पहले उसमें क्लोरीन प्रवाहित की जाती है। यह क्लोरीन जल से क्रिया कर हाइपोक्लोरस अम्ल उत्पन्न करती है जो बैक्टीरिया का ऑक्सीकरण द्वारा मार देती है। इस प्रकार जल कीटाणु रहित कर दिया जाता है। जहाँ इस प्रकार कीटाणु रहित किया हुआ जल उपलब्ध नहीं होता है वहाँ पानी को दूसरे ऑक्सीकारक पोटैशियम परमैंगनेट (Potassium Permanganate) से शुद्ध (कीटाणु रहित) किया जाता है।

क्लोरीन घातक गैस भी है ?

यदि क्लोरीन का उपयोग बेपरवाही से किया जाय तो यह शरीर के ऊतकों को नष्ट कर देती है। इस गैस में अधिक समय तक श्वास लेने से मृत्यु तक भी हो सकती है। प्रथम विश्वयुद्ध में युद्धभूमि में इसको घातक गैस के रूप में काम में लिया गया था। युद्धभूमि में इस गैस के बादल छोड़े गये थे जिनके कारण कई शत्रु सैनिकों की दम घुटने के कारण मृत्यु हो गई थी। इस प्रकार की कुछ अन्य जहरीली गैसें भी हैं। बाद में अन्तर्राष्ट्रीय सम्मेलन में समझौता कर अब इस प्रकार की जहरीली गैसों के युद्धभूमि में उपयोग पर प्रतिबन्ध लगा दिया गया है क्योंकि जहरीली गैस के प्रयोग से न केवल युद्धरत सैनिक ही मारे जाते हैं बल्कि युद्धभूमि से दूर दूर तक असंख्य निरपराध व्यक्ति भी मृत्यु के शिकार हो जाते हैं।

17.7 क्लोराइड का परीक्षण कैसे करें ?

प्रयोग सोडियम क्लोराइड के कुछ क्रिस्टल लेकर उन्हें पानी में घोल लो। अब इस घोल में कुछ बूँदें सिल्वर नाइट्रेट विलयन की डालो। क्या देखते हो ? यह सफेद अवक्षेप किससे मिलता-जुलता है ? दही के समान इस अवक्षेप को थोड़ी देर धूप में रखो और इसके रंग परिवर्तन का निरीक्षण करो। यह आरम्भ में भूरा व फिर काला पड़ जाता है।

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl$$

सिल्वर नाइट्रेट
(दही जैसा अवक्षेप)

इसमें एक सावधानी रखना जरूरी है कि क्लोराइड के अलावा और भी कुछ लवण होते हैं जो सिल्वर नाइट्रेट के साथ सफेद अथवा हल्का पीला अवक्षेप दे देते हैं। ब्रोमाइड एवं आयोडाइड लवण भी इस प्रकार का अवक्षेप देते हैं। यह सिल्वर क्लोराइड अवक्षेप सान्द्र नाइट्रिक अम्ल में अविलेय है परन्तु अमोनियम हाइड्रॉक्साइड में विलेय है। क्लोराइड लवण सिल्वर नाइट्रेट के विलयन के साथ सफेद अवक्षेप देते हैं जो नाइट्रिक अम्ल में अविलेय होता है। इस प्रकार क्लोराइडों की पहचान की जाती है।

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

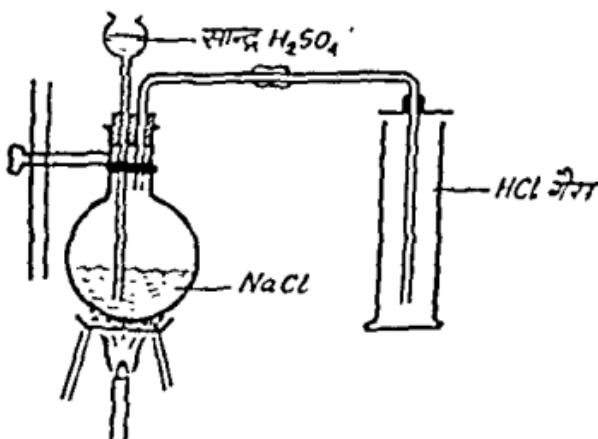
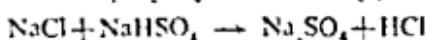
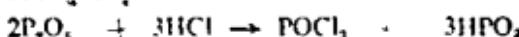
17.8 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल गैस बनाने की प्रयोगशाला विधि

साधारण नमक तथा सान्द्र गंधक के अम्ल की क्रिया से : इस विधि में साधारण नमक और सल्फ्यूरिक अम्ल को गर्म करके गैस बनाई जाती है। एक गोल पेंदी के फ्लास्क में साधारण नमक तथा सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल लेते हैं। इस फ्लास्क में दो छेद वाली कार्क लगी रहती है। एक छिद्र में थिसिल फनल तथा दूसरे में निकास नली लगा देते हैं। फ्लास्क को गर्म करते हैं। निकलने वाली हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस को वायु के उर्ध्वमुखी विस्थापन विधि द्वारा गैस जार में एकत्र कर लेते हैं।

चित्र 17.4—प्रयोगशाला में हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस बनाना

अभिक्रिया इस प्रकार सम्पन्न होती है :

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$$

$$NaCl + NaHSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + HCl$$

गैस को शुष्क करना : गैस को शुष्क करने के लिए सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल का प्रयोग किया जाता है। अन्य जलशोषक पदार्थ जैसे बिना बुझा हुआ चूना, फास्फोरस पेण्टॉक्साइड, आदि का प्रयोग नहीं किया जाता है क्योंकि ये पदार्थ हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस से क्रिया करते हैं

$$CaO + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$$

बिना बुझा चूना

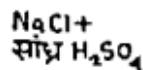
$$2P_2O_5 + 3HCl \rightarrow POCl_3 + 3HPO_3$$

फास्फोरस पेंटॉक्साइड — फास्फोरस आक्सी क्लोराइड — मेटा फास्फोरिक एसिड

इस गैस का पानी में सान्द्र विलियन हाइड्रोक्लोरिक अम्ल कहलाता है।

17.9 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल कैसे बनाते हैं ?

हाइड्रोक्लोराइड जल में अत्यन्त विलयशील है। अतः यदि निकास नली को सीधा ही जल में डुबाया जाय तो नली में जल खिंचकर फ्लास्क में आ सकता है। यह जल गर्म सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ विस्फोट कर देगा। अतः, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल प्राप्त करने के लिए निकास नली को एक खाली तिपोले फ्लास्क से जोड़ते हैं जिसको एक अन्य नली द्वारा एक उल्टी कीप में रबर की नली द्वारा जोड़ देते हैं (चित्र 17.5)। कीप की परिमा बीकर में रखे जल को स्पर्श करती रहती है। यदि जल ऊपर की ओर जाने भी लगेगा तो कीप में थोड़ा सा ऊपर जाने पर बीकर में जल का तल कीप से नीचे हो जाने के कारण जल को ऊपर जाने से रोक देगा। कीप में रबर नली से आने वाली गैस का दाब इस जल को वापस बीकर में भेज देगा। अतः कीप की परिमा पुनः बीकर में भरे जल को छूने लग जाती है। इस क्रिया के बार-बार होने पर गैस जल में धीरे-धीरे विलय होती है और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल बनता रहता है। यदि विलयन ठण्डा होगा तो उसमें अधिक हाइड्रोजन क्लोराइड गैस अवशोषित होगी और विलयन सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल होगा।

NaCl+
सांद्र H_2SO_4

17.10 हाइड्रोक्लोरिक एसिड गैस के भौतिक गुण

(1) यह अति तीक्ष्ण गन्ध
रंगहीन गैस

(2) यह आर्द्र वायु में गहरा धुआं देती है।

(3) यह जल में अत्यन्त विलेय है।

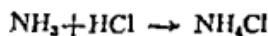
(4) यह हवा से भारी है।

(5) हाइड्रोक्लोरिक गैस को द्रवित किया जा सकता है। द्रव गैस का क्वथनांक $-83°$ से. है। इसे $-113°$ से. गलनांक वाले ठोस में जमाया भी जा सकता है।

17.11 हाइड्रोजन क्लोराइड या हाइड्रोक्लोरिक अम्ल गैस के रासायनिक गुण

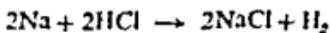
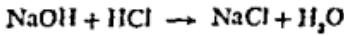
(1) दाह्यता : हाइड्रोजन क्लोराइड न तो ज्वलनशील है और न ही जलने में सहायक है।

(2) लिटमस पर प्रभाव : शुष्क गैस लिटमस के प्रति उदासीन है परन्तु जलीय विलयन तीव्र अम्लीय होता है, और नीले लिटमस को लाल कर देता है।

(3) अमोनिया से क्रिया : शुष्क गैस अमोनिया से क्रिया करके अमोनियम क्लोराइड के श्वेत धूम बनाती है।

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

(4) धातुओं से क्रिया : हाइड्रोजन क्लोराइड कई धातुओं से गर्म अवस्था में संयोग करके क्लोराइड बनाती है।

$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$$

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल विद्युत रासायनिक श्रेणी में हाइड्रोजन से पहले आयी धातुओं से क्रिया करके उनके क्लोराइड बनाता है और हाइड्रोजन गैस निकलती है।

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

$$2Na + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2$$

(5) क्षार से क्रिया : क्षारों के साथ क्रिया करके यह क्लोराइड बनाती है।

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

(6) कार्बोनेट एवं बाइकार्बोनेट से क्रिया : अम्ल कार्बोनेट एवं बाइकार्बोनेटों को अपघटित करके कार्बन डाइऑक्साइड गैस देता है।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + CO_2$$

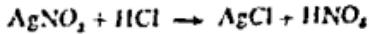
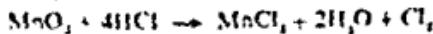
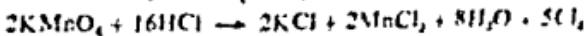
$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

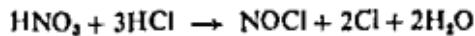
(7) सिल्वर नाइट्रेट से क्रिया : अम्ल सिल्वर नाइट्रेट विलयन से क्रिया करके सिल्वर क्लोराइड अवक्षेपित करता है।

$$AgNO_3 + HCl \rightarrow AgCl + HNO_3$$

(8) ऑक्सीकारक पदार्थों से क्रिया : अम्ल तीव्र ऑक्सीकारक पदार्थ जैसे पोटैशियम परमैंगनेट, मैंगनीज डाइऑक्साइड आदि से ऑक्सीकृत होकर क्लोरीन देता है। यह क्रिया प्रदर्शित करती है कि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल एक मृदु (mild) अपचायक है।

$$2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(9) अम्लराज बनाना : सान्द्र नाइट्रिक अम्ल और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल 1 : 3 के अनुपात में मिलाने पर अम्लराज बनाते हैं जो सोना, प्लैटिनम, आदि श्रेष्ठ धातुओं को विलय कर लेता है।

$$HNO_3 + 3HCl \rightarrow NOCl + 2Cl + 2H_2O$$

17.12 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल गैस के उपयोग

(i) यह क्लोरीन और क्लोराइड के निर्माण में प्रयुक्त होता है।

(ii) इसका रंग और पेण्ट के निर्माण एवं जस्तीकरण (Galvanising) के कारखानों में उपयोग होता है।

(iii) दवाओं के रूप में भी इसका उपयोग किया जाता है।

(iv) यह प्रयोगशाला में भी प्रतिकारक (Reagent) के रूप में प्रयुक्त होता है।

पुनरावलोकन

क्लोरीन प्रकृति में स्वतन्त्र अवस्था में नहीं पायी जाती। इसका कारण इस गैस की अति-क्रियाशीलता है। क्लोरीन गैस का सबसे व्यापक यौगिक साधारण नमक है जो समुद्र तथा खारी झीलों के जल में अधिकता से घुला रहता है। प्रयोगशाला तथा औद्योगिक विधि में क्लोरीन को विभिन्न विधियों से इसी यौगिक से प्राप्त किया जाता है। विद्युत विधि से नमक से क्लोरीन के अलावा हाइड्रोजन तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड भी प्राप्त होता है। अल्प मात्रा में क्लोरीन का व्यापक यौगिक साधारण नमक (सोडियम क्लोराइड) हमारे भोजन का अभिन्न अंग बना हुआ है। इसके अलावा सबसे अधिक उपयोग में आने वाले यौगिक हाइड्रोक्लोरिक एसिड तथा ब्लीचिंग चूर्ण हैं।

रासायनिक क्रिया करते समय क्लोरीन का प्रत्येक परमाणु अन्य तत्त्वों से एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है। क्लोरीन के प्रत्येक परमाणु के बाहरी कक्ष में सात इलेक्ट्रॉन होते हैं। क्लोरीन बुझे हुए चूने तथा प्रकाश की उपस्थिति में हाइड्रोजन से क्रिया कर क्रमशः ब्लीचिंग चूर्ण और हाइड्रोक्लोरिक एसिड बनाती है।

क्लोरीन तत्त्व के रूप में गन्दे पानी के कीटाणुओं को विनाश कर मार देती है। यह विधि क्लोरीनीकरण कहलाती है और शहरों में टंकियों में पानी को साफ करने के काम आती है। क्लोरीन विशेष प्रकार के यौगिक के रूप में युद्ध में शत्रुओं को मारने के काम भी आती है। इस प्रकार क्लोरीन विनाशक के रूप में भी है एवं परम मित्र भी। क्लोरीन का रेशमी तथा ऊनी कपड़ों के लिए उपयोग नहीं करना चाहिए क्योंकि यह धागों को नष्ट कर देती है।

अध्ययन प्रश्न

1. (अ) मैंगनीज डाइऑक्साइड द्वारा हाइड्रोक्लोरिक एसिड की ऑक्सीकरण की क्रिया रासायनिक समीकरण द्वारा प्रदर्शित करो।

(ब) समीकरण द्वारा एक मोल क्लोरीन बनाने के लिए कितना मैंगनीज डाइऑक्साइड की आवश्यकता होगी, गणना करो।

2. क्लोरीन स्वतन्त्र अवस्था में प्रकृति में क्यों नहीं पायी जाती, कारण बताओ।
3. क्लोरीन तथा सल्फर डाइआक्साइड की विरजन क्रियाओं का तुलनात्मक अध्ययन करो।
4. क्लोरीन सोडियम ब्रोमाइड तथा सोडियम आयोडाइड के जलीय विलयन में क्रमशः ब्रोमीन एवं आयोडीन को विस्थापित कर देती है। इन क्रियाओं के रासायनिक समीकरण लिखो। क्या यह क्रिया ऑक्सीकरण-अपचयन का उदाहरण है? यदि है तो कैसे?
5. निम्न क्रियाओं के समीकरण लिखो :
   अ—नमक के जलीय विलयन में विद्युत प्रवाहित करने पर।
   ब—शुष्क चूने पर क्लोरीन प्रवाहित करने पर।
   स—सांद्र सोडियम हाइड्रॉक्साइड के जलीय विलयन में क्लोरीन प्रवाहित करने पर।
   द—क्लोरीन से भरे जार में तारपीन का तेल डालने पर।
6. एक घुलनशील लवण में कुछ बूंदें क्लोरोफॉर्म की डालो, उसके बाद उसमें क्लोरीन का जल डालकर हिलाने से क्लोरोफार्म का रंग बैंगनी हो जाता है। यह परिवर्तन क्यों हुआ? समीकरण लिखते हुए कारण बताओ।
7. क्लोरीन से बनने वाले क्लोराइडों के इलैक्ट्रॉनिक सूत्र लिखो।

प्रयोगशाला क्रियाएं, परियोजनाएं

1. ब्लीचिंग चूर्ण बनाने का एक साधारण प्रयास करो।
2. साधारण नमक के विभिन्न शक्ति वाले विलयन में छह वोल्ट की विद्युत प्रवाहित कर ज्ञात करो कि कौनसा विलयन सबसे अधिक क्लोरीन कम से कम समय में देता है।
3. जल वितरण करने वाली टंकियों पर जाकर देखो कि क्लोरीन किस प्रकार डाली जाती है।
4. ब्लीचिंग चूर्ण के विभिन्न नमूनों में क्लोरीन की प्रतिशत मात्रा ज्ञात करने के लिए परियोजना बनाओ।
5. कार्बनिक रसायन में जिन यौगिकों के बनाने में क्लोरीन का उपयोग किया जाता है उनके दस नाम सूत्रों सहित लिखकर भित्ति पत्रिका पर लगाओ।
6. रंगीन कपड़ों के विरंजन का प्रयोग लगाओ।

अभ्यास प्रश्न

1. क्लोरीन का एक विशेष गुण है
   (अ) रंगहीन व स्वादहीन।
   (ब) वायु से कम सघन।
   (स) तीव्र अपचायक।
   (द) नम लिटमस पत्र का ऑक्सीकरण से विरजन।
   (इ) नम लिटमस पत्र का अपचयन से विरजन। ( )
2. हाइड्रोजन क्लोराइड प्राप्त करने के लिए एक उपकरण लगाया। उसमें क्या परिवर्तन किये जायें कि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल प्राप्त किया जा सके?
   (अ) जल से भरा बीकर और एक उल्टी कीप।
   (ब) टौलूइन से भरा बीकर व एक उल्टी कीप।
   (स) केवल जल से भरा एक बीकर।

(द) एक कैल्सियम क्लोराइड ट्यूब व बीकर मे जल ।
(इ) एक द्रोणिका मे ठंडा जल लेकर उसमे निकास नली डुबोकर । ( )

3. सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का क्लोरीन मे ऑक्सीकरण कर सकते है
(1) लैड ऑक्साइड से ।
(2) लाल लैड ऑक्साइड से ।
(3) मैंगनीज डाइऑक्साइड से ।
(4) नाइट्रिक अम्ल से ।
(5) पोटैशियम परमैंगनेट से ।
इनमे से कौनसी विकल्पनाए सत्य हैं
(अ) पाचो ।
(ब) 4 के अतिरिक्त सब ।
(स) केवल 1, 3 व 5 ।
(द) 1, 3, 4 व 5 ।
(इ) कोई दूसरा सयोग । ( )

4 तारपीन के तेल मे रूई भिगोकर क्लोरीन के जार मे डालने पर यह परीक्षण नही होगा
(अ) तारपीन जलने लगेगा ।
(ब) लाल ज्वालाए दीखेंगी ।
(स) काजल बनेगा ।
(द) हाइड्रोजन क्लोराइड का धुआ बनेगा ।
(इ) हाइपोक्लोरस अम्ल तारपीन को कार्बन मे आक्सीकृत कर देगा । ( )

5. पोटैशियम आयोडाइड विलयन मे क्लोरीन प्रवाहित करने और फिर क्लोरोफॉर्म मिलाकर हिलाने से कौनसे दो रग मिलेंगे
(अ) काला अवक्षेप व बैंगनी विलयन ।
(ब) भूरा अवक्षेप व बैंगनी विलयन ।
(स) लाल अवक्षेप व लाल विलयन ।
(द) काला अवक्षेप व भूरा विलयन ।
(इ) कोई दूसरे दो रग । ( )

6. सोडियम हाइड्रॉक्साइड के एक तनु विलयन मे देर तक क्लोरीन प्रवाहित करने पर विलयन मे होंगे
(अ) सोडियम क्लोराइड व सोडियम हाइड्रॉक्साइड ।
(ब) सोडियम क्लोराइड व सोडियम हाइपोक्लोराइट ।
(स) सोडियम क्लोराइड व ब्लीचिंग पाउडर ।
(द) सोडियम क्लोराइड व सोडियम क्लोरेट ।
(इ) केवल सोडियम क्लोराइड । ( )

7. गर्म सान्द्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल एक ठोस पदार्थ से क्रिया करके एक गैस निकालता है। पदार्थ होगा कोई

(1) कार्बोनेट

(2) हाइड्रोजन कार्बोनेट

(3) ऑक्साइड

(4) क्षार

(5) सल्फाइड

इनमें से कौनसी विकल्पनाएं सत्य हैं :

(अ) 1, 2 व 3

(ब) 1, 2 व 4

(स) केवल चार

(द) 1, 2 व 5 ( )

(इ) 1 व 5

8. जिसमें क्लोरीन प्रवाहित करके पोटैशियम क्लोरेट बनाते है वह है

(अ) ठंडा व तनु कॉस्टिक क्षार।

(ब) गर्म व सान्द्र कॉस्टिक पोटाश।

(स) ब्लीचिंग पाउडर।

(द) ठंडा व तनु पोटैशियम हाइपोक्लोराइट विलयन।

(इ) पोटैशियम क्लोराइड विलयन। ( )

[उत्तर . 1—(द) 2—(अ) 3—(अ) 4—(इ) 5—(अ) 6—(ब) 7—(द) 8—(ब)]

परिशिष्ट

तुम पिछली इकाइयों में तत्वों की संयोजकता के अनेकों उदाहरण देख चुके हो। तीसरी इकाई में हमने तत्व की संयोजकता को एक ऐसी संख्या माना था जो दर्शाती थी कि उस तत्व का एक परमाणु कितनी संख्या में हाइड्रोजन के परमाणुओं से संयोग करता है। यदि हाइड्रोजन के अतिरिक्त अन्य परमाणु से संयोग हो तो उस तत्व की संयोजकता को गिन लेते हैं। इसके लिए हमने तृतीय इकाई में तीली व गड्ढों के नमूने का अनुमान लगाकर अणुओं के प्रतिरूप बनाने का प्रयत्न किया था। किस परमाणु के नमूने में गड्ढे बनाए तथा किसमें निकली हुई तीली ? ये किन कोणों पर होने चाहिए ? इसकी कुछ चर्चा की गई थी।

चित्र शृंखला 17 (अ) में हाइड्रोजन, आक्सीजन, कार्बन व क्लोरीन के अनेकों यौगिकों के अणुओं के चित्र बनाए गए हैं। याद रहे कि सुविधा के लिए ये एक धरातल पर दर्शाए गए हैं। वास्तव में ये विशिष्ट ज्यामितिक कोणों व तीनों आयाम संगठित होते हैं।

इन चित्रों में गड्ढों की संख्या व तीलियों की दिशाओं पर ध्यान दो।

चित्र शृंखला 17 (ब) में ध्यान पूर्वक देखो.

नाइट्रोजन की संयोजकता	3 व 5 है	(योग 3 + 5 = 8)
गन्धक की संयोजकता	2 व 6 है	(योग 2 + 6 = 8)
फॉस्फोरस की संयोजकता	3 व 5 है	(योग 3 + 5 = 8)

क्या तुम इनका योग 8 ही होने का कारण चित्र देखकर ढूंढ सकते हो ?

बाहरी कक्ष में इलैक्ट्रॉनों की संख्या 8 होने पर तत्व रासायनिक क्रिया नहीं करते (अक्रिय गैसों की परमाणु रचना देखो)।

क्या अन्य तत्व भी इसी तरह अपने में इलैक्ट्रॉनों की संख्या 8 करने का प्रयत्न करते हैं ?

फॉस्फोरस अपने बाहरी कक्ष में तीन इलैक्ट्रॉन लेकर या इस बाहरी कक्ष के पांचों इलैक्ट्रॉन देकर ऐसी अवस्था प्राप्त करता है।

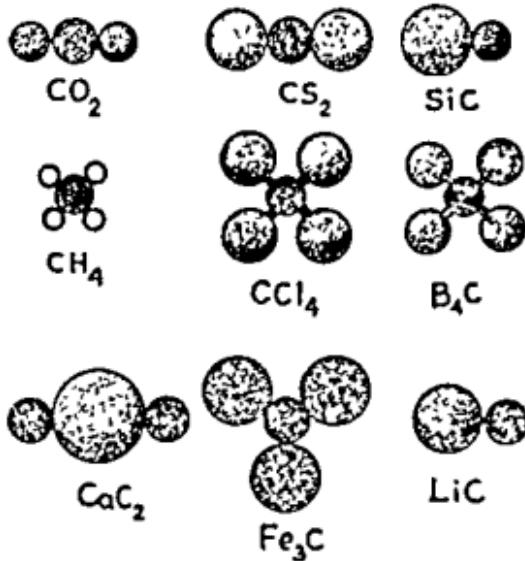
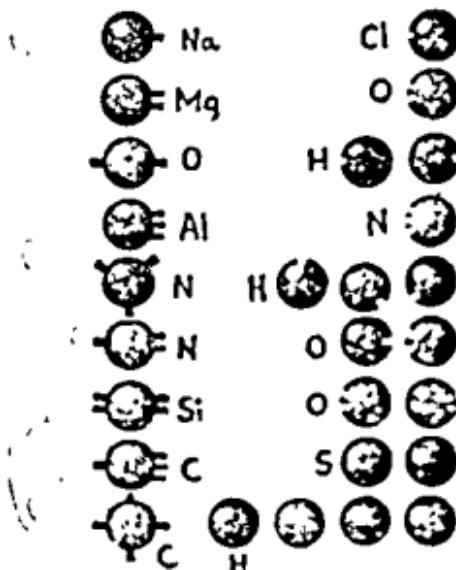
इसी प्रकार गन्धक 2 इलैक्ट्रॉन लेकर या 6 इलैक्ट्रॉन देकर इस अवस्था को प्राप्त करने का प्रयत्न करती है।

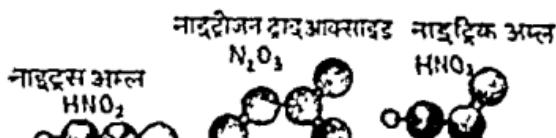
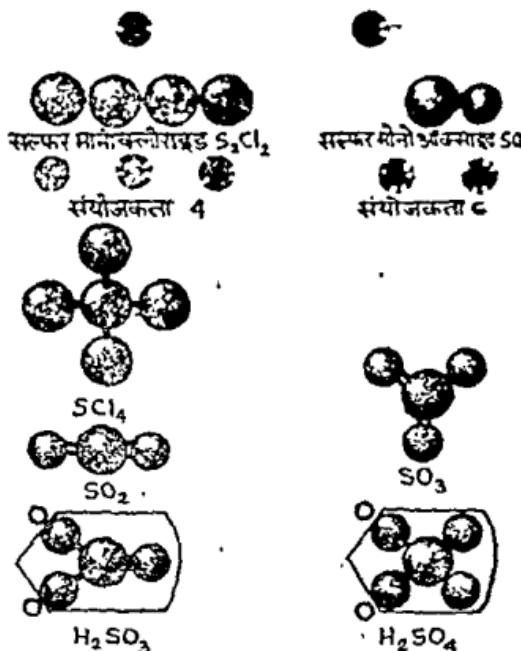
यह कैसे होता है ?

क्या इलैक्ट्रॉन बिलकुल दे डाले जाते हैं ? देखो चित्र शृंखला 17 (ब) के अनुसार इलैक्ट्रॉनों की साझेदारी भी होती है।

इलैक्ट्रॉनों के दे डाले जाने पर परमाणु की विद्युत उदासीनता नहीं रहती, क्यों ? ऐसी अवस्था में आवेशित परमाणु को हम क्या नाम देते हैं ? इनके तथा उदासीन परमाणुओं के गुण किस प्रकार भिन्न होते हैं ? क्या [illegible] के [illegible] में इलैक्ट्रॉनों के [illegible] अथवा साझेदारी के विषय में कुछ अनुमान लगाया जा सकता है ?

चित्र शृंखला 17 (अ)—(1) हाइड्रोजन अधातुओं के साथ हाइड्राइड बनाती है।

चित्र शृंखला 17 (अ)—(2) ऑक्सीजन लगभग प्रत्येक पदार्थ से संयोग करती है।

चित्र शृंखला 17 (अ)—(3) कार्बन अधातुओं व धातुओं से संयोग करता है।

चित्र शृंखला 17 (अ)—(4) कुछ परमाणुओं के कार्यकर चित्र।

चित्र शृंखला 17 (ब)—(1) नाइट्रोजन की संयोजकता 3 व 5 होती है।

चित्र शृंखला 17 (ब)—(2) गंधक की संयोजकता 2 व 6 होती है।

फॉस्फोरस के यौगिक

संयोजकता 3

फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड (PCl_3)

फॉस्फोरिक यौगिक

संयोजकता 5

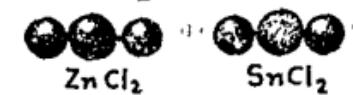
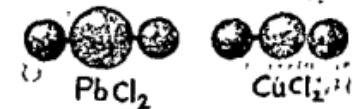
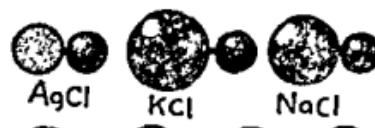
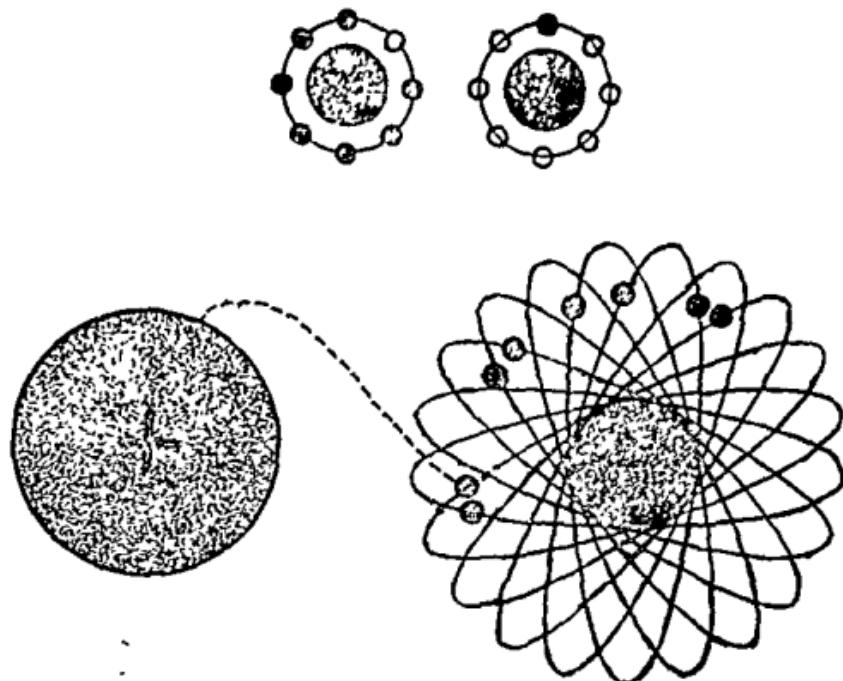
फॉस्फोरस पण्टाक्लोराइड अथवा फास्फोरिक क्लोराइड (PCl_5)

फॉस्फोरस ट्राइऑक्साइड अथवा फॉस्फोरस-ऑक्साइड (P_2O_3)

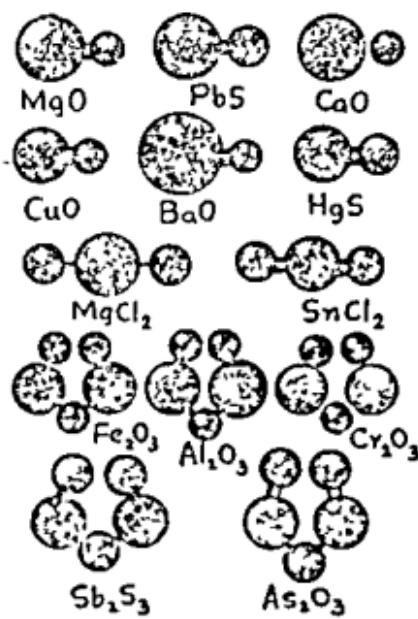
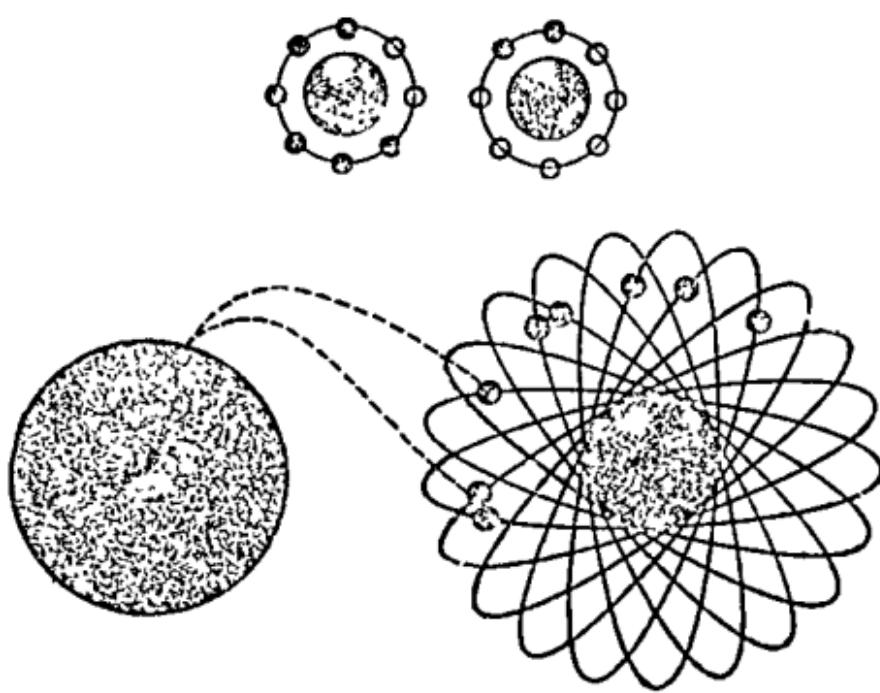
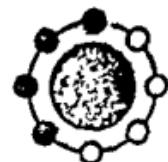
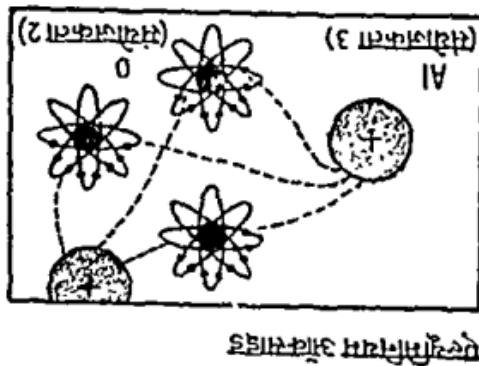
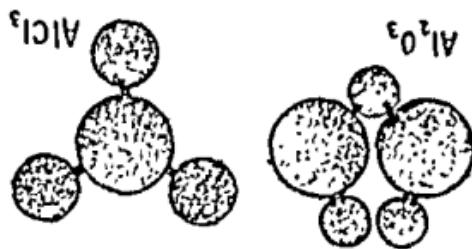
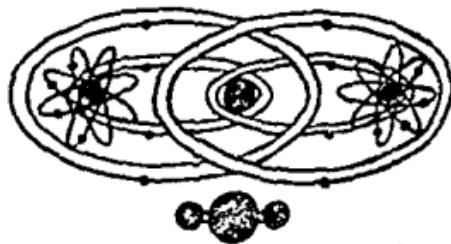
फॉस्फोरस पैण्टाऑक्साइड अथवा फॉस्फोरस ऑक्साइड (P_2O_3)

फॉस्फोरस अम्ल (H_3PO_3)

ऑर्थोसल्फ्यूरिक अम्ल (H_3PO_4)

चित्र शृंखला 17 (ब)—(3) फॉस्फोरस की संयोजकता 3 व 5 होती है।

चित्र शृंखला 17 (स)—बाहरी कक्ष में इलेक्ट्रॉन की संख्या 8 होने पर तत्व रासायनिक क्रिया नहीं करते।

चित्र शृंखला 17 (ब)—(1) इलैक्ट्रॉनों का स्थानांतरण (एक इलैक्ट्रॉन)

चित्र शृंखला 17 (द)—(2) इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण (दो इलेक्ट्रॉन)

चित्र शृंखला 17 (द)—(3) इलैक्ट्रॉनों का स्थानान्तरण (तीन इलैक्ट्रॉन)

कार्बन को इलैक्ट्रॉन लेना या देना कठिन है वह सहयोग से सहसंयोजक यौगिक बनाता है

कार्बनडाइऑक्साइड (सहसंयोजक यौगिक

चित्र शृंखला 17 (घ)—इलैक्ट्रॉनों की साझेदारी

अम्ल, क्षारक (बेस) एवं लवण

(Acids, Bases and Salts)

18.1 पदार्थों का लिटमस के प्रति विभिन्न व्यवहार

पदार्थों का साधारण अध्ययन करते समय हमने इस प्रकार के निरीक्षण किये हैं कि कुछ पदार्थ नीले लिटमस को (जो कि पौधों से प्राप्त एक रंगीन पदार्थ है) लाल रंग में बदल देते हैं और कुछ पदार्थ इस लाल रंग को वापस नीला कर देते हैं। ऑक्सीजन गैस की ऑक्सीकरण क्रिया का अध्ययन करते समय हम यह भी देख चुके हैं कि धातुओं एवं अधातुओं के ऑक्साइडों का जलीय विलयन लाल लिटमस को नीला व अधातुओं के ऑक्साइडों के विलयन नीले लिटमस को लाल कर देते हैं।

प्रस्तुत इकाई में इस प्रकार के व्यवहार को प्रदर्शित करने वाले अन्य कुछ पदार्थों का अध्ययन कर लिटमस के प्रति विशेष प्रकार के व्यवहार का मूल कारण खोजेंगे।

प्रयोग—सोडियम, पोटैशियम, गंधक, फॉस्फोरस व कार्बन को अलग-अलग उद्दहन चम्मच में अल्प मात्रा में लेकर ऑक्सीजन से भरे गैस जार में अथवा वायु में जलाओ। रासायनिक क्रिया के उपरान्त बनने वाले ठोस अथवा गैसीय पदार्थ को कुछ जल डालकर घोल लो। प्रत्येक विलयन को एक स्टैण्ड पर रखी गयी परखनलियों में परीक्षण के लिए रखो। प्रस्तुत प्रयोग में ऑक्सीकरण से प्राप्त यौगिकों के जलीय विलयनों का सारणी 18 1 के अनुसार परीक्षण करो।

पदार्थों के लिए किये गये प्रयोगात्मक अध्ययन के परिणाम

प्रथम वर्ग के यौगिक अम्ल (Acid) कहलाते हैं।

1. इनका स्वाद बहुत खट्टा होता है। एक बीकर को आधा पानी से भर कर 3-4 बूंदें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की डाल कर पानी की एक बूंद को चखो।
2. नीला लिटमस लाल करते हैं।
3. कुछ धातुओं से क्रिया कर हाइड्रोजन देते हैं। तुमने देखा कि धातु प्रायः अम्लों से क्रिया कर हाइड्रोजन देते हैं। यह हाइड्रोजन अम्लों में आती है और उनका यह अविभाज्य अंग है।
4. मिथाइल ऑरेंज के विलयन को गुलाबी कर देते हैं।
5. सोडियम कार्बोनेट व बाइकार्बोनेट से क्रिया कर कार्बन डाइऑक्साइड गैस देते हैं।

सारणी 18.1

यौगिकों के नाम (जलीय विलयन)	लाल लिटमस	नीला लिटमस	सोडियम बाइ-कार्बोनेट का घोल	धातु जस्ता	टिप्पणी
1. सोडियम ऑक्साइड	नीला हो जाता है	कोई प्रभाव नही	कोई प्रभाव नही	कोई प्रभाव नही	
2. पोटैशियम ऑक्साइड	नीला हो जाता है	कोई प्रभाव नही	कोई प्रभाव नही	कोई प्रभाव नही	
3. सल्फर डाइऑक्साइड	कोई प्रभाव नही	लाल हो जाता है	गैस के बुलबुले निकलते हैं।	गैस के बुलबुले निकलते है।	सोडियम बाइकार्बोनेट से निकलने वाली गैस कार्बन डाइऑक्साइड है।
4. फॉस्फोरस ऑक्साइड	कोई प्रभाव नही	लाल हो जाता है	गैस के बुलबुले निकलते है।	गैस के बुलबुले निकलते है।	जस्ते से क्रिया अत्यन्त मन्द होती है।
5. कार्बन डाइऑक्साइड	कोई प्रभाव नही	लाल हो जाता है	गैस के बुलबुले निकलते हैं।	गैस के बुलबुले निकलते हैं।	जस्ते के प्रयोग से निकलने वाली गैस हाइड्रोजन है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि उपर्युक्त प्रयोग के यौगिकों को (अ) तथा (ब) दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है। प्रत्येक प्रकार के वर्ग में आने वाले यौगिक केवल इतने ही नही होते हैं। इसके अतिरिक्त कई यौगिक भी इन्हीं श्रेणियों में रखे जा सकते है। इस प्रकार के यौगिकों का अध्ययन हम पहले भी कर चुके हैं। इन सभी यौगिकों का सामूहिक रूप से किया गया प्रयोगात्मक अध्ययन एक सारणी में दर्शाया गया है।

सोडियम बाइकार्बोनेट या सोडियम कार्बोनेट के साथ नीबू के रस, इमली के सत, गन्धकाम्लिक अम्ल, आदि की क्रिया करवा कर बनने वाली गैस का परीक्षण करो।

उपरोक्त गुणों वाले यौगिकों को अम्ल कहते हैं।

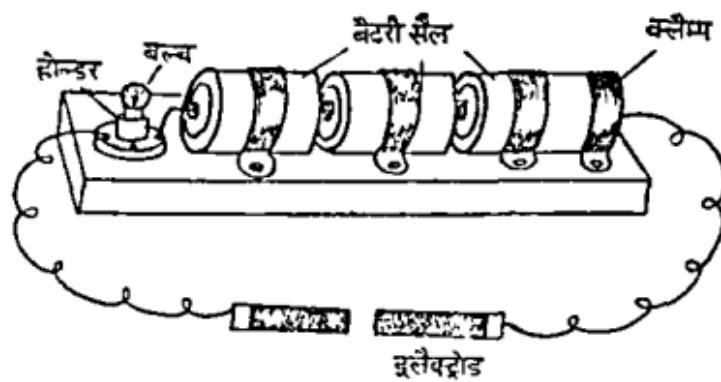
द्वितीय वर्ग के यौगिक क्षारक (Base) कहलाते हैं।

1. इनका स्वाद तीखा होता है।
2. इनका विलयन चिकना होता है।
3. मिथाइल ऑरेंज के विलयन को पीला व फिनोफ्थैलीन के विलयन को गुलाबी करते है।
4. लाल लिटमस को नीला करते हैं।

उपरोक्त गुणों वाले पदार्थों को हम बेस या क्षारक कहते हैं।

18.2 अम्ल एवं क्षारकों के विपरीत व्यवहार क्यों ?

अम्ल और क्षारकों के लिटमस घोल, मिथाइल ऑरेंज, सोडियम कार्बोनेट, आदि के साथ क्रिया व स्वाद तथा स्पर्श में भिन्नता का अनुभव तो बहुत पहले कर लिया गया था पर आखिर इन दो विभिन्न वर्गों के पदार्थ में यह भिन्नता क्यो है ? इसका उत्तर ढूंढने का श्रेय मुख्यत. स्वीडन के एक विद्यार्थी को है।

स्वीडन में अर्हेनियस (Arrhenius) नामक एक बडा प्रतिभावान व जिज्ञासु विद्यार्थी था। उस समय वैज्ञानिको ने यह निरीक्षण किया था कि आसुत जल विद्युत का सचालक नही है पर यदि

चित्र 18.1—पदार्थों की विद्युत परिचालकता जाचने का सरल उपकरण

पदार्थों की विद्युत परिचालकता की जाच के लिए एक सरल उपकरण इस प्रकार बनालो। टार्च के दो सैलो की लम्बाई व चौडाई से थोडे बडे आकार का लकडी या मोटे गत्ते का टुकडा लेकर उस पर चित्र 18 1 के अनुसार एक टार्च के बल्ब के होल्डर व बिजली के तार के टुकडे लोहे या टीन की पत्ती काटकर लगाओ। जिस पदार्थ की परीक्षा करनी है उसे सिरे अ व ब के बीच रखो। बल्ब के जलने अथवा न जलने के अनुसार क्रमश परिचालकता व कुचालकता का निर्णय करो।

उसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, कॉस्टिक सोडा, नमक, आदि कोई ऐसा पदार्थ मिला दें तो वह विद्युत का सुचालक हो जाता है। पर सब ही विलयशील पदार्थ आसुत जल को सुचालकता प्रदान नहीं करते हैं।

तुम भी कुछ प्रयोग करो। पहले बीकर में आसुत जल लो और मालूम करो कि यह विद्युत का सुचालक है या नहीं। फिर अलग-अलग बीकर में आसुत जल लेकर उनमें क्रमशः गन्धक का अम्ल, सोडियम कार्बोनेट, शक्कर तथा नमक मिलाओ और इन घोलों की विद्युत चालकता का परीक्षण करो।

तुम देखोगे कि कुछ पदार्थ जल में विलय होने पर जल को विद्युत का सुचालक बना देते हैं। ऐसे पदार्थों को विद्युत अपघट्य कहते है। जो पदार्थ जल में विलेय होने पर उसको विद्युत का सुचालक नहीं बनाते वे विद्युत अनपघट्य कहलाते हैं।

आर्हेनियस जब कालेज में अध्ययन ही कर रहे थे तब उनको मालूम हुआ कि स्वीडन के वैज्ञानिक ऐसे प्रश्नों में उलझ रहे थे कि कुछ पदार्थ विद्युत अपघट्य और कुछ अनपघट्य क्यों होते हैं। उन्होंने निश्चय किया कि वह इन प्रश्नों का हल ढूंढेंगे। उन्होंने विभिन्न पदार्थों के विलयन बना कर उनमें विद्युत प्रवाहित करने का प्रयत्न किया और अनवरत वह परिश्रम करते रहे। उन दिनों वह खाते-पीते, उठते-बैठते, सोते-जागते इन प्रश्नों पर ही मनन करते रहे और साथ-साथ प्रयोग भी। उनके लिए बाहरी जगत मानों था ही नहीं। एक रात वह देर तक काम करते रहे। एकाएक उन्हें इस जटिल पहेली का हल सूझा। उन्होंने स्वयं लिखा है—"17 मई, 1883 की रात को मुझे इस प्रश्न का हल मिल गया और फिर उस रात मैं सो नहीं पाया जब तक मैंने उस समस्या को पूरी तरह हल नहीं कर लिया।"

दूसरे दिन वह दौड़ते हुए अपने प्रोफेसर के पास गये। उन्होंने कहा कि उनके विचार में विद्युत अपघट्य द्वारा विद्युत संचालन का एक नया सिद्धान्त आया है। प्रोफेसर ने कहा "तुम्हारे नया सिद्धान्त प्रस्तुत करना है? यह बहुत दिलचस्प होगा? अच्छा, नमस्ते।"

पर आर्हेनियस इस व्यवहार से भी निरुत्साहित नहीं हुए और अपना कार्य करते रहे। अन्त में उन्हें अपने विद्युत अपघट्य सिद्धान्त पर नोबेल पुरस्कार दिया गया। आर्हेनियस ने किस प्रकार अम्ल व क्षारक के घोलों द्वारा विद्युत संचालन को समझाया?

अम्ल एवं क्षारक

18.3 वर्गीकृत यौगिकों के समूहों (अम्ल एवं क्षारक) का प्रयोगात्मक तथ्यों का स्पष्टीकरण करने के लिए सबसे पहले वैज्ञानिक आर्हेनियस ने कुछ मान्यताएं मानी थीं, जिनसे उन्होंने यौगिकों के विलयनों का विद्युत अपघटन एवं आयनीकरण सम्बन्धित ज्ञान का सहारा लिया था। अम्ल एवं क्षारक के बारे में उनकी मान्यताएं इस प्रकार है —

जब अम्ल का विलयन जल में बनता है तो अम्लों के अणु से हाइड्रोजन आयन H^+ विलयन में स्वतन्त्र हो जाता है। इसके साथ ही साथ अम्ल का बचा हुआ भाग ऋण आयन का रूप धारण कर जाता है।

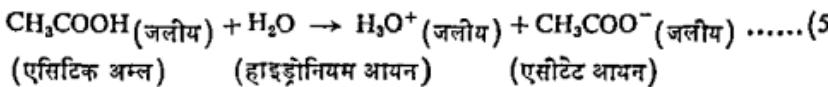
$$HCl\ (\text{जलीय}) \longrightarrow H^+(\text{जलीय}) + Cl^-\ (\text{जलीय}) \qquad ......(1)$$

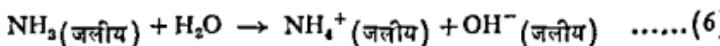
(हाइड्रोजन आयन) (क्लोराइड आयन)

आर्हेनियस के इस रूपान्तरित सिद्धान्त से आयनीकरण क्रिया मे जल की उपस्थिति का महत्त्व स्प हो जाता है। प्रयोगो द्वारा ज्ञात किया गया है कि हाइड्रोजन के आयन, प्रोटोन के आसपास च जल के अणु चतुष्फलक बनाते हैं (चित्र 18.2)। (कार्बन परमाणु के चतुष्फलक से मिलाओ)।

आर्हेनियस के हाइड्रेटेड हाइड्रोजन आयन का सिद्धान्त मन्द अम्लो की क्रिया की निम् प्रकार से स्पष्ट करता है। उदाहरण—एसिटिक अम्ल की जल के विलयन मे क्रिया—

$$CH_3COOH_{(\text{जलीय})} + H_2O \rightarrow H_3O^+{}_{(\text{जलीय})} + CH_3COO^-{}_{(\text{जलीय})} \quad ......(5$$

(एसिटिक अम्ल) (हाइड्रोनियम आयन) (एसीटेट आयन)

इसी प्रकार क्षार सम्बन्धी प्रथम माडल का भी आर्हेनियस ने विस्तार कर, अमोनिया जलीय विलयन की क्रिया निम्न प्रकार से स्पष्ट की है। इसमें भी जल के महत्त्व को स्पष्ट किय गया है।

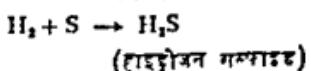
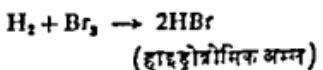
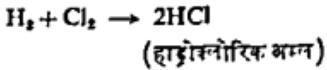
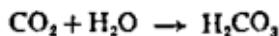
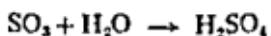
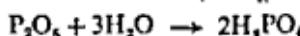
$$NH_3{}_{(\text{जलीय})} + H_2O \rightarrow NH_4^+{}_{(\text{जलीय})} + OH^-{}_{(\text{जलीय})} \quad ......(6)$$

समीकरण (5) में एसिटिक अम्ल के अणु का प्रोटोन निकल कर (हाइड्रोजन आयन) जल के अणु पर आ जाता है। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि अम्ल वह यौगिक अथवा पदार्थ है जो अपने अणु में से प्रोटॉन को दूसरे कोई भी ग्रहण करने वाले यौगिक को दान कर देता है (Acid Donates Proton)।

समीकरण (6) मे अमोनिया का अणु जल से प्रोटोन ग्रहण करता है। अतः जल अम्ल हुआ। इसके विपरीत अमोनिया प्रोटोन ग्रहण करने के कारण क्षारक हुआ। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि क्षारक वह यौगिक अथवा पदार्थ है जो किसी भी अणु अथवा पदार्थ से प्रोटोन ग्रहण करता है (Base Accepts Proton)। अतः अम्ल वह पदार्थ है जो रासायनिक क्रिया में प्रोटोन दान करता है एवं क्षारक वह पदार्थ है जो रासायनिक क्रिया में प्रोटोन ग्रहण करता है। इस प्रकार आयनीकरण की क्रिया अम्ल तथा क्षारक की क्रियाओं को स्पष्ट करने में सहायता करती है।

अम्ल व क्षारक बनाने की विधियां

18.5 अम्ल बनाने की विधियां

(1) संश्लेषण विधि

अत्यधिक ऋणावेषित (Electronegative) अधात्विक (non-metal) तत्त्व हाइड्रोजन से सीधे संयोग द्वारा अम्ल बनाते हैं। जैसे—

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

(हाइड्रोक्लोरिक अम्ल)

$$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$$

(हाइड्रोब्रोमिक अम्ल)

$$H_2 + S \rightarrow H_2S$$

(हाइड्रोजन सल्फाइड)

(2) अम्लीय ऑक्साइड पर जल की क्रिया द्वारा

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

कार्बोनिक अम्ल

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

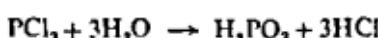
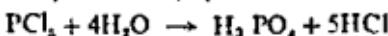
(सल्फ्यूरिक अम्ल)

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

(3) अधात्विक क्लोराइडो पर जल की क्रिया द्वारा भी अम्ल बनाते हैं

$$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HCl$$

(फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड) (फॉस्फोरस अम्ल)

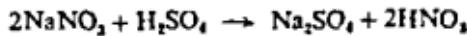
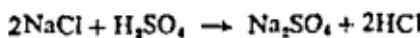
$$PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$$

(फॉस्फोरस पैण्टाक्लोराइड) (आर्थोफॉस्फोरिक अम्ल)

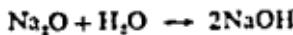
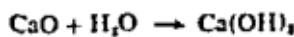
(4) वाष्पशील अम्लो के लवणो पर अवाष्पशील अम्लो की क्रिया से अम्ल बनाते हैं

वाष्पशील अम्ल (Volatile Acids) जिनका क्वथनांक कम होता है। जैसे–HCl, HNO_3
अवाष्पशील अम्ल (Non-Volatile Acids) जिनका क्वथनांक अधिक होता है। जैसे–H_2SO_4

वाष्पशील अम्ल के लवण क्लोराइड, नाइट्रेट, आदि हैं क्योंकि इनके मूल अम्ल क्रमश: हाइड्रोक्लोरिक तथा नाइट्रिक अम्ल हैं। क्लोराइड व नाइट्रेट लवणों पर सान्द्र गरम गंधक के अम्ल की क्रिया से क्रमश: HCl व HNO_3 बनते है।

$$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HNO_3$$

18.6 क्षारक (बेस) बनाने की विधियां

1. तीव्र विद्युत धनात्मक धातु की जल से क्रिया कराकर सोडियम, पोटैशियम, कैल्शियम, आदि धातुएं जल से क्रिया करके क्षारक बनाती है।

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$$

2. क्षारकीय (बेसिक) ऑक्साइड पर जल की क्रिया से क्षारक (बेस) बनते हैं। जैसे—

$$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$$

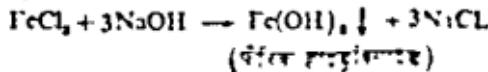
(सोडियम हाइड्रॉक्साइड)

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

(कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड)

3. अवक्षेपण क्रिया द्वारा—फैरिक क्लोराइड के विलयन पर सोडियम हाइड्रॉक्साइड की क्रिया कराने से फैरिक हाइड्रॉक्साइड बेस प्राप्त होगा।

$$FeCl_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$$

(फैरिक हाइड्रॉक्साइड)

अम्लों का वर्गीकरण

18.7 अम्लो के उदाहरण

नाम	सूत्र
नमक का अम्ल	HCl
गंधक का अम्ल	H_2SO_4
शोरे का अम्ल	HNO_3
फॉस्फोरिक अम्ल	H_3PO_4
हाइड्रोसायनिक अम्ल	HCN

उपर्युक्त अम्लो का वर्गीकरण निम्न है :

(1) किन-किन अम्लो में ऑक्सीजन नही है ?
ऐसे अम्ल जिनमे ऑक्सीजन नही होती है, हाइड्रा-अम्ल (hydracids) कहलाते हैं। जैसे—HCl, HCN, H_2S ।

(2) ऐसे अम्ल जिनमे हाइड्रोजन के साथ ऑक्सीजन भी होती है वे ऑक्सी-अम्ल (Oxy-acids) कहलाते हैं । जैसे—HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4, ,CH_3COOH ।

(3) गंधक के अम्ल मे उपस्थित ऑक्सीजन के परमाणुओ मे से एक परमाणु, गंधक के एक परमाणु द्वारा प्रतिस्थापित कर दिया जाय तो बनने वाले यौगिक का सूत्र होगा $H_2S_2O_3$ ।
इस अम्ल का नाम थायोसल्फ्यूरिक अम्ल है । वह अम्ल जिनकी पूरी ऑक्सीजन या उसका कुछ भाग गंधक द्वारा प्रतिस्थापित कर दिया गया हो थायो-अम्ल (Thio-acids) कहलाते है । जैसे—

$$HCNO \rightarrow HCNS$$

(सायनिक अम्ल) (थायोसायनिक अम्ल)

18.8 क्षार

क्षार (Alkali) धातुओ के भस्म (Oxide) होते हैं जो जल में विलेय होते हैं। यदि भस्म जल मे विलेय नही होते (जैसे CuO, Fe_2O_3, आदि) तो उन्हें क्षारक (Base) कहते है । इस प्रकार सभी क्षार क्षारक होते हैं पर सभी क्षारक क्षार नही होते ।

उदाहरण

कुछ भस्म जो क्षार भी हैं—

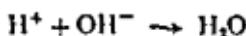
सोडियम ऑक्साइड, पोटैशियम ऑक्साइड, कैल्सियम ऑक्साइड, सोडियम हाइड्रॉक्साइड, पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड ।

कुछ भस्म जो क्षार नही हैं (परन्तु क्षारक हैं)—

जिंक ऑक्साइड, एल्युमिनियम ऑक्साइड, आयरन ऑक्साइड ।

18.9 उदासीनीकरण (Neutralization)

जल बहुत कम अंश में अपने आयन H^+ व OH^- में विघटित होता है। यह इन अवयवों H^+ और OH^- में आपस में मिलने की प्रवृत्ति (Affinity) अधिक अंश में है यह प्रदर्शित करता है। अतः H^+ व OH^- युक्त विभिन्न यौगिक आपस में शीघ्र क्रिया कर जल बना लेते हैं। यह क्रिया उदासीनीकरण कहलाती है। वह अम्ल व क्षारक की विशेष क्रिया है।

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

प्रयोग—हाइड्रोक्लोरिक अम्ल व कॉस्टिक सोडा विलयन की प्रतिक्रिया का प्रदर्शन करने के लिए ब्यूरेट में कॉस्टिक सोडा विलयन व तिकोन फ्लास्क में पिपेट द्वारा 25 मिली. विलयन लेकर उसमें एक बूंद फिनोल्फथैलीन मिलाओ। धीरे-धीरे ब्यूरेट से कॉस्टिक सोडा का हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का विलयन तिकोन फ्लास्क में डालो व हिलाओ। यह क्रिया उस समय तक करो जब तक कि एक बूंद कॉस्टिक सोडा विलयन से, रंगहीन विलयन का रंग, स्थायी हल्के गुलाबी रंग में परिवर्तित न हो जाय। विलयन का वाष्पन कर अवशेष ठोस पदार्थ प्राप्त करो।

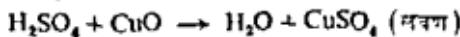
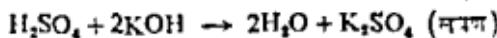
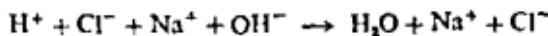
स्वाद व नीले लिटमस व लाल लिटमस पर प्रभाव परीक्षण के आधार पर मालूम होता कि पदार्थ नमकीन है और लिटमस के प्रति उदासीन है।

अम्ल व क्षारक की प्रतिक्रिया से प्राप्त पदार्थ को लवण कहते हैं (चित्र 18.3)।

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow H_2O + Na^+ + Cl^-$$

अथवा $HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$ (लवण)

$H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow 2H_2O + K_2SO_4$ (लवण)

$H_2SO_4 + CuO \rightarrow H_2O + CuSO_4$ (लवण)

भस्म के धनालय व अम्ल के ऋणालय के संयोग से बनने वाला यौगिक लवण कहलाता है। वे सभी यौगिक जो किसी अम्ल के हाइड्रोजन परमाणुओं के किसी धातु मूलक या धातु की तरह व्यवहार करने वाले मूलक के पूर्ण या अपूर्ण प्रतिस्थापन के फलस्वरूप बनते हैं, लवण कहलाते हैं। जैसे—

H_2SO_4	$\rightarrow$ $NaHSO_4$	$\rightarrow$ Na_2SO_4
(अम्ल)	(अपूर्ण प्रतिस्थापन)	(पूर्ण प्रतिस्थापन)
	सोडियम बाइसल्फेट	सोडियम सल्फेट

18.10 लवण बनाने की सामान्य विधियाँ

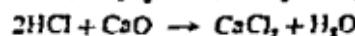
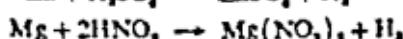
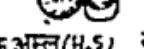
(1) अम्ल व भस्म के उदासीनीकरण से—

$$6HCl + Fe_2O_3 \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$$

$$2HCl + CaO \rightarrow CaCl_2 + H_2O$$

(2) धातु पर अम्ल की क्रिया द्वारा

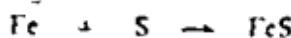
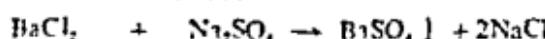
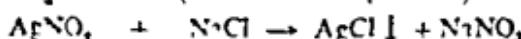
$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

$$Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$$

लवण	अम्ल	उदाहरण
नाइट्रेट	नाइट्रिक अम्ल (HNO_3)	सिलवर नाइट्रेट ($AgNO_3$)
सल्फेट	सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4)	कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$)
फॉस्फेट	फॉस्फोरिक अम्ल (H_3PO_4)	ट्राइसोडियम फॉस्फेट (Na_3PO_4)
कार्बोनेट	कार्बोनिक अम्ल (H_2CO_3)	जिंक कार्बोनेट ($ZnCO_3$)
नाइट्राइट	नाइट्रस अम्ल (HNO_2)	पोटैशियम नाइट्राइट (KNO_2)
सल्फाइट	सल्फ्यूरस अम्ल (H_2SO_3)	बेरियम सल्फाइट ($BaSO_3$)
क्लोराइड	हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl)	कैल्सियम क्लोराइड ($CaCl_2$)
ब्रोमाइड	हाइड्रोब्रामिक अम्ल (HBr)	सिलवर ब्रोमाइड (AgBr)
सल्फाइड	हाइड्रोसल्फ्यूरिक अम्ल (H_2S)	लैड सल्फाइड (PbS)
सायनाइड	हाइड्रोसायनिक अम्ल (HCN)	पोटैशियम सायनाइड (KCN)

चित्र 18.3—कुछ सामान्य अम्ल एवं लवणों के आकार

(3) अम्लीय व क्षारीय ऑक्साइड के संयोग से—

$$CO_2 + CaO \rightarrow CaCO_3$$
$$SO_2 + Na_2O \rightarrow Na_2SO_3$$

(4) धातु व अधातु के संयोग से—

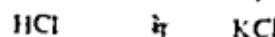
$$Fe + S \rightarrow FeS$$
$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

(5) दो लवणों के द्विक विच्छेदन (Double Decomposition) क्रिया से—

$$\underset{\text{विलयन}}{AgNO_3} + \underset{\text{विलयन}}{NaCl} \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$$
$$\underset{\text{विलयन}}{BaCl_2} + \underset{\text{विलयन}}{Na_2SO_4} \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$$

18.11 लवणों का वर्गीकरण

लवणों को, उनके विभिन्न गुणों के आधार पर निम्न वर्गों में वर्गीकृत कर सकते हैं

(1) सामान्य लवण (Normal Salt)

अम्ल के प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन के परमाणुओं के प्रतिस्थापन से बनने वाले लवण सामान्य लवण कहलाते हैं—

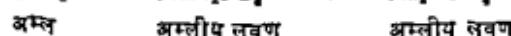
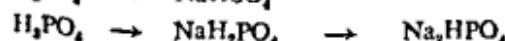
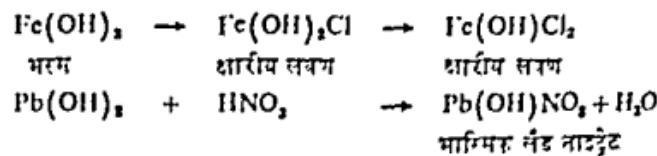
अम्ल		लवण
H_2SO_4	से	Na_2SO_4
HCl	से	KCl
H_2CO_3	से	Na_2CO_3
H_3PO_4	से	$AlPO_4$

इन लवणों का व्यवहार साधारणतः लिटमस के प्रति उदासीन होता है पर कुछ सामान्य लवणों के जल में विलयन अम्ल अथवा क्षार की तरह भी व्यवहार करते हैं। सोडियम कार्बोनेट को जल में घोल कर लिटमस के प्रति व्यवहार देखो। इसी प्रकार फैरिक क्लोराइड अथवा अमोनियम क्लोराइड के जलीय विलयन की नीले लिटमस से क्रिया देखो।

(2) अम्लीय लवण (Acid Salt)

किसी अम्ल के कुछ प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं के प्रतिस्थापन से बनने वाले लवण अम्लीय लवण कहलाते हैं।

उदाहरणार्थ—

$$H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4$$
$$\underset{\text{अम्ल}}{H_3PO_4} \rightarrow \underset{\text{अम्लीय लवण}}{NaH_2PO_4} \rightarrow \underset{\text{अम्लीय लवण}}{Na_2HPO_4}$$

(3) क्षारकीय लवण (Basic Salt)

किसी अम्ल द्वारा भस्म के अपूर्ण उदासीनीकरण द्वारा भास्मिक लवण बनते हैं।

उदाहरणार्थ—

$$Fe(OH)_3 \rightarrow Fe(OH)_2Cl \rightarrow Fe(OH)Cl_2$$

भस्म   क्षारीय लवण   क्षारीय लवण

$$Pb(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow Pb(OH)NO_3 + H_2O$$

भास्मिक लैड नाइट्रेट

(4) मिश्रित लवण (Mixed Salt)

इस वर्ग के लवणों में एक से अधिक भास्मिक मूलक होते हैं।
जैसे—$NaKSO_4$ सोडियम पोटैशियम सल्फेट।

(5) द्विक लवण (Double Salt)

द्विक लवणों में दो प्रकार के सामान्य लवण अणुक (Normal Salt) किसी विशेष में मिले रहते हैं।

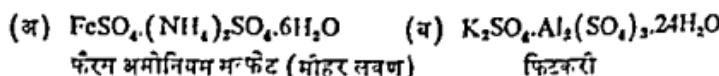
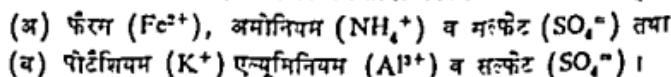
उदाहरणार्थ—

(अ) $FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$ (ब) $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$

फैरस अमोनियम सल्फेट (मोहर लवण)   फिटकरी

इन लवणों को जल में विलेय करने पर तीनों प्रकार के आयन मिलते हैं जैसे—

(अ) फैरस (Fe^{2+}), अमोनियम (NH_4^+) व सल्फेट ($SO_4^{=}$) तथा

(ब) पोटैशियम (K^+) एल्यूमिनियम (Al^{3+}) व सल्फेट ($SO_4^{=}$)।

प्रयोगशाला में फिटकरी के रवे बनना

K_2SO_4 का अणुभार = 174

$Al_2(SO_4)_3$ का अणुभार = 342

17·4 ग्राम शुद्ध K_2SO_4 तथा 34·2 ग्राम शुद्ध $Al_2(SO_4)_3$ लेकर उनका जलीय विलयन लेते हैं। जलीय विलयनों को मिलाकर विलयनों का वाष्पन द्वारा सान्द्रण कर, फिटकरी के प्राप्त करते हैं। फिटकरी का जलीय विलयन K^+, Al^{3+} तथा $SO_4^{=}$ सभी आयनों का पर देता है।

(6) जटिल लवण (Complex Salt)

ये युग्म लवणों की तरह ही होते हैं पर विलयन में इनका व्यवहार भिन्न होता है।

उदाहरणार्थ—

पोटैशियम फैरोसाइनाइड $K_4[Fe(CN)_6]$। यह विलयन में Fe^{2+} का परीक्षण नहीं है। इसी प्रकार क्यूप्रामोनियम सल्फेट $[Cu(NH_3)_4]SO_4$, Cu^{2+} का परीक्षण नहीं देता
[ ] कोष्ठक जटिल लवण को लिखने के काम में लिये जाते हैं।

18.12 अम्ल की क्षारकता (Basicity of Acid)

अम्ल के एक अणु में उपस्थित प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या को अम्ल क्षारकता कहते हैं। (देखो सारणी 18.2)।

अम्ल का नाम	सूत्र	प्रतिस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणु की संख्या व आयनीकरण		क्षारकता	बनने वाले लवणों की संख्या व नाम
नमक अम्ल	HCl	एक	$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$	एक	एक—क्लोराइड
शोरे का अम्ल	HNO_3	एक	$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + HNO_3^-$	एक	एक—नाइट्रेट
एसिटिक अम्ल	CH_3COOH	एक	$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$	एक	एक—एसीटेट
गंधक का अम्ल	H_2SO_4	दो	$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$ $HSO_4 \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{=}$ $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$	दो	दो—बाइसल्फेट व सल्फेट
कार्बोनिक अम्ल	H_2CO_3	दो	$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$ $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{=}$ $H_2CO_3^- \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{=}$	दो	दो—बाइकार्बोनेट व कार्बोनेट
फॉस्फोरिक अम्ल	H_3PO_4	तीन	$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{=}$ $HPO_4^{=} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{=}$ $H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{\equiv}$	तीन	तीन—डाइहाइड्रोजन फॉस्फेट, मोनोहाइड्रोजन फॉस्फेट व फॉस्फेट

किसी अम्ल की क्षारकता, उसके अणुभार व तुल्य भार मे निम्न सम्बन्ध होता है

$$\text{अम्ल की क्षारकता} = \frac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{अम्ल का तुल्य भार}}$$

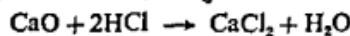
18.13 क्षारक (बेस) की अम्लता (Acidity of Base)

किसी क्षार की (यदि वह हाइड्रॉक्साइड है) अम्लता उस के एक अणु में उपस्थित, द्वारा प्रतिस्थापित हो सकने वाले हाइड्रॉक्सिल (OH^-) मूलकों की संख्या को कहते हैं। उदाहरणार्थ—

KOH $NaOH$, NH_4OH की अम्लता एक है।
$Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ की अम्लता दो है।
$Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ की अम्लता तीन है।

अगर क्षारक ऑक्साइड है तो उसकी अम्लता किसी एक क्षारक अम्ल (Monobasic Acid जैसे—HCl) के अणुओं की उस संख्या को कहते हैं जिसे उस क्षार का एक अणु उदासीन करता है।

CaO द्विअम्लीय है क्योंकि इसका एक अणु HCl के दो अणुओं को उदासीन करता है।

$$CaO + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$$

किसी क्षार की अम्लता, उसके अणुभार व तुल्य भार में निम्न सम्बन्ध है :

$$\text{भस्म की अम्लता} = \frac{\text{भस्म का अणुभार}}{\text{भस्म का तुल्य भार}}$$

पुनरावलोकन

धातुओ के ऑक्साइड्स (सोडियम, पोटैशियम, बेरियम, स्ट्रोन्सियम, कैल्सियम, मैगनीशियम) का जलीय विलयन लाल लिटमस के जलीय विलयन को नीला बना देता है। यह ऑक्साइड क्षारक कहलाते है। इनमे से कुछ ऑक्साइड जल मे पूर्ण विलेय होते है जिन्हें क्षार कहते हैं (सोडियम, पोटैशियम)। अधातुओं के ऑक्साइड (गन्धक, फॉस्फोरस, क्लोरीन, नाइट्रोजन, कार्बन) का जलीय विलयन नीले लिटमस के जलीय विलयन को लाल कर देता है। इन ऑक्साइड का जलीय विलयन अम्ल कहलाता है।

प्रयोगों तथा प्रेक्षणो द्वारा ज्ञात हुआ है कि सभी अम्ल जलीय विलयन मे हाइड्रोजन आयन छोडते हैं जिसको धातु से क्रिया कराने पर विस्थापित किया जाता है। वैज्ञानिकों के मतानुसार अम्लों के सभी गुणो को इसी उभयनिष्ठ आयन द्वारा समझाया जाता है। अम्ल जैविक (कार्बोनिक) (जैसे, ऑक्जेलिक, टारटारिक, साइट्रिक, स्टीयरिक, पामिटिक) तथा अजैविक (खनिज) अकार्बनिक (जैसे, हाइड्रोक्लोरिक, नाइट्रिक, सल्फ्यूरिक) होते हैं। अम्ल हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन तत्व की उपस्थिति के अनुसार हाइड्रो-अम्ल तथा आक्सी-अम्ल दो भागो मे वितरित किया जाता है। अम्ल के अणु मे उपस्थित हाइड्रोजन आयन की संख्या जो जलीय विलयन मे छूट जाते हैं, भास्मिकता कहलाती है।

इसी प्रकार प्रयोगों तथा प्रेक्षणो द्वारा ज्ञात किया गया है कि सभी क्षारो के जलीय विलयनो मे हाइड्रॉक्सिल आयन होते हैं। क्षारों के सभी गुण इन्ही आयन के कारण होते हैं। अम्ल तथा क्षारों

की प्रदर्शित अभिक्रियाओं का स्पष्टीकरण आर्हेनियस, ब्रोंस्टेड एवं लौरी के द्वारा प्रस्तावित प्रतिरूपों से किया जाता है।

अम्ल तथा क्षारों की अभिक्रिया से लवण व जल प्राप्त होते हैं। अम्ल तथा क्षार क्रियाओं में एक दूसरे के प्रतिद्वन्द्वी होते हैं। लवण अम्लीय, क्षारीय, उदासीन तीनों प्रकार के होते हैं। अणु रचनाओं के आधार पर लवण सरल, जटिल युग्म प्रकार के होते हैं। आम्लिक ऑक्साइड तथा भास्मिक ऑक्साइड की क्रिया करवाने पर लवण प्राप्त होते हैं। विभिन्न अम्ल, लवण व क्षार हमारे दैनिक अथवा औद्योगिक जीवन के प्रमुख अंग हैं।

अध्ययन प्रश्न

1. किन्हीं दो अम्लों के उदाहरण दो जिनको—
   (अ) तत्त्वों द्वारा संश्लेषित किया जाता है।
   (ब) सान्द्र अम्लों द्वारा प्राप्त किया जाता है।
   (स) धातुओं की ऑक्साइड द्वारा प्राप्त किया जाता है।
   (द) फॉस्फोरस की ऑक्साइड द्वारा प्राप्त किया जाता है।
   सभी क्रियाओं के रासायनिक समीकरण भी लिखो।
2. निम्न प्रकार की एक-एक रासायनिक समीकरणों का उदाहरण दो
   (अ) धात्विक आक्साइड + अम्ल = लवण + जल
   (ब) धात्विक आक्साइड + अधात्विक आक्साइड = लवण
   (स) लवण + जल = अम्ल + क्षार
   (द) क्षार + अम्ल = लवण + जल
3. प्रयोगों द्वारा निम्न तथ्यों को किस प्रकार सिद्ध करोगे ?
   (अ) अम्लों के अम्लीय विलयन में हाइड्रोजन आयन होते हैं।
   (ब) सभी क्षारों के जलीय विलयन में हाइड्रोक्सिल आयन होते हैं।
   (स) कुछ लवण केवल भास्मिक होते हैं।
   (द) कुछ लवण केवल आम्लिक होते हैं।
4. अम्लों की भास्मिकता से तुम क्या समझते हो ? क्या भास्मिकता का मान किसी अम्ल में एक से अधिक हो सकता है ? उदाहरण देकर समझाओ।
5. क्षार की अम्लीयता क्या होती है ? निम्न क्षारों की अम्लीयता का मान बताओ
   $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $Fe(OH)_3$
6. युग्म लवण एवं जटिल लवणों के उदाहरण देते हुए अन्तर स्पष्ट करो। लवणों के मुख्य-मुख्य उपयोग भी लिखो।

रोचक प्रयोग, प्रयोगशाला क्रियाएं, प्रयोजनाएं

1. फलों की अल्प मात्रा जल में घुलालो। जलीय विलयन को छानकर स्वच्छ विलयन की फिनोल्फथेलिन अथवा लिटमस से जाँच करो तथा अनुमान लगाओ कि कौनसा फल अधिक क्षारक या आम्लिक होता है।
2. एक स्वच्छ नींबू का रस निकाल कर स्वच्छ जलीय विलयन तैयार करो। फिनोल्फ्थलिन

(3) अमोनिया लवणो से क्षारीय गैस निकालते हैं।
(4) अम्लो को उदासीन करके क्षारक व लवण बनाते हैं।
(5) पसीज जाते हैं।
निम्न में से कौनसी विकल्पनाएं सत्य हैं :
(अ) पाचो।
(ब) पहली चार।
(स) केवल 2, 3 व 4।
(द) केवल 1, 3 व 4।
(इ) इनमे से कोई भी नहीं। ( )

4 वह अम्ल प्रबल है जो
(अ) अत्यधिक सक्षारक है।
(ब) लैंड व कॉपर से तीव्र गति से क्रिया करे।
(स) जलीय विलयन मे लगभग पूर्ण आयनित हो जावे।
(द) सान्द्र विलयन मे हो।
(इ) जिसमे हाइड्रोजन (भार मे) की प्रतिशत मात्रा अधिक हो। ( )

5 निम्नलिखित में कौनसे अम्ल लवण हैं :
(1) Na_2SO_4 (2) $NaHSO_4$
(3) CH_3COONa (4) Na_2HPO_4
(5) सोडियम हाइड्रोजन सल्फाइट
(अ) 1 के अतिरिक्त सारे।
(ब) 1 व 5 के अतिरिक्त सारे।
(स) 2, 4 व 5।
(द) वह सारे जिनमे हाइड्रोजन है।
(इ) वह जो लिटमस से क्रिया करते हैं। ( )

6. यह असत्य है कि
(अ) क्षारीय ऑक्साइड गीले लाल लिटमस को नीला करता है।
(ब) अम्लीय ऑक्साइड गीले नीले लिटमस को लाल करता है।
(स) गरम तनु नाइट्रिक अम्ल अधिकाश क्षारीय ऑक्साइड को विलय कर लेता है।
(द) गरम कॉस्टिक सोडा विलयन उभयधर्मी ऑक्साइड से क्रिया करता है।
(इ) लैड और एल्युमिनियम के हाइड्रॉक्साइड उभयधर्मी होते हैं।

7 अम्लीय लवण अम्ल से भिन्न होता है क्योंकि
(अ) उसमे एक अम्लीय मूलक होता है और हाइड्रोजन।
(ब) अम्लीय विलयन नहीं बनाता।
(स) हाइड्रोजन के अतिरिक्त और आयन बनाता है।
(द) केवल एक नहीं बल्कि दो धनायन बनाता है।
(इ) धातु से क्रिया करके हाइड्रोजन गैस नहीं बना सकता। ( )

[उत्तर : 1. (द) 2 (स) 3 (ई) 4 (स) 5 (अ) 6 ([illegible]) 7 ([illegible])]

इकाई **19**

दैनिक जीवन में रसायन का महत्त्व

19.1 विभिन्न प्रविधियों द्वारा मनुष्य ने प्राकृतिक पदार्थों से ऐसी वस्तुएं प्राप्त की हैं जो पहले विद्यमान नहीं थी। प्रयोगशाला में रसायनज्ञ की छोटी सी परखनली में होने वाली रासायनिक अभिक्रिया में प्राप्त उत्पादकों को विशेष प्रविधियों द्वारा औद्योगिक माप पर निर्माण कर ऐसी वस्तुएं बनाई गई हैं जिनके लिए मानव सदैव के लिए रसायनज्ञों का कृतज्ञ रहेगा। जल, लवण, वसा, तेल, लकड़ी, कोयला, रूई, खनिज, आदि से रासायनिक प्रक्रिया द्वारा जो पदार्थ निर्माण किए गए हैं उनसे मनुष्य रहने के लिए मकान, पहनने के लिए कपड़े, खाने के लिए भोजन, रोगों से बचने और उपचार के लिए औषधियां जैसी लाभदायक वस्तुएं बना लेता है। प्लॅस्टिक से बने वाल्व मनुष्य के हृदय में प्राकृतिक वाल्व के स्थान पर लगाए गए हैं।

ऐसी वस्तुओं की संख्या बहुत अधिक थी जिनके निर्माण का आधार रासायनिक अभिक्रिया है। यहां केवल उन कुछ ही वस्तुओं का अध्ययन किया जायेगा जो हमारे दैनिक जीवन में बहुत महत्त्व की हैं और रासायनिक अभिक्रिया द्वारा औद्योगिक माप पर निर्माण की जाती हैं।

कुछ प्राकृतिक पदार्थों में रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा इच्छा और आवश्यकतानुसार विशेष गुणों को भी निवेशित किया जा सकता है। कॉस्टिक सोडा तथा तेलों से प्राप्त साबुन के गुण सर्वथा भिन्न होते हैं। यद्यपि साबुन तेल से बनता है फिर भी उससे चिकनाई नष्ट हो जाती है। बिना बुझे चूने और रेत को मिलाकर ईंट या पत्थर जोड़ने और पलस्तर चढ़ाने का गारा बनाया जाता है। बिना बुझे चूने और रेत को लगभग 1200° सें. तक गर्म करने तथा कुछ एक-दो अन्य पदार्थ मिलाकर सीमेंट बनायी जाती है। सीमेंट के निर्मित भवन इतने सुदृढ़ होते हैं कि उन पर कितनी ही मंजिलें बनाई जा सकती हैं।

साबुन

19.2 चिकनाई से प्राप्त रसायन चिकनाई को कपड़े से हटा देता है। रासायनिक दृष्टि से साबुन क्या है?

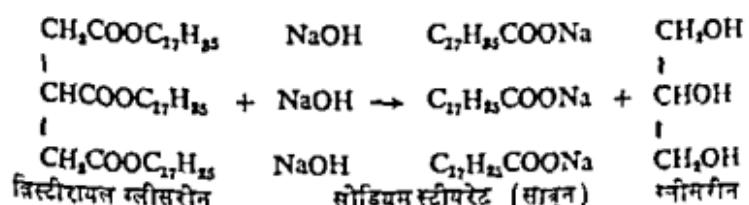
रासायनिक दृष्टि से साबुन को समझ लेने के लिए यह अति आवश्यक हो जाता है कि तुम यह जानो कि साबुन किन रासायनिक पदार्थों को मिलाकर बनाया जाता है। किसी भी प्रकार का

साबुन बनाने के लिए प्राय. दो पदार्थों की आवश्यकता होती है । कास्टिक सोडा अथवा कास्टिक पोटाश के जलीय विलयन में तेल डालकर हिलाने से रासायनिक क्रिया होती है। इससे गाढ़ा-गाढ़ा द्रव हो जाता है। यही द्रव सुखाने के बाद साबुन बन जाता है।

वनस्पति तेल* रासायनिक रचना के अनुसार त्रिस्टीरायल ग्लीसरीन होता है । इसमें कॉस्टिक सोडा का जलीय विलयन मिलाने पर रासायनिक क्रिया के परिणाम स्वरूप त्रिस्टीरायल ग्लीसरीन का जलीयकरण हो जाता है । सोडियम स्टीयरेट अवक्षेप के रूप में आ जाता है और त्रिस्टीरायल ग्लीसरीन में से ग्लीसरीन बाहर निकल जाता है। सोडियम स्टीयरेट साबुन का प्रमुख अंग होता है । यह सम्पूर्ण क्रिया साबुनीकरण कहलाती है । इसका रासायनिक समीकरण निम्न प्रकार से लिखते हैं ।

साबुनीकरण की क्रिया

$$\begin{array}{lcl} CH_2COOC_{17}H_{35} & NaOH & C_{17}H_{35}COONa & CH_2OH \\ | & & & | \\ CHCOOC_{17}H_{35} & + \; NaOH \rightarrow & C_{17}H_{35}COONa \; + & CHOH \\ | & & & | \\ CH_2COOC_{17}H_{35} & NaOH & C_{17}H_{35}COONa & CH_2OH \end{array}$$

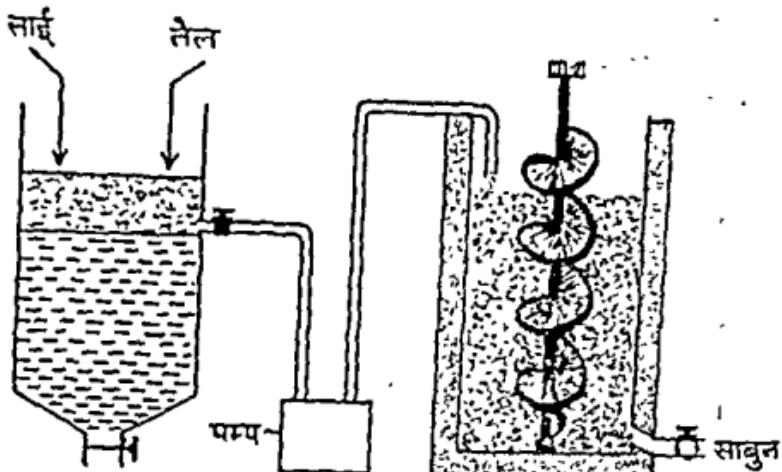
त्रिस्टीरायल ग्लीसरीन — सोडियम स्टीयरेट (साबुन) — ग्लीसरीन

चित्र 19.1—साबुन (सोडियम स्टीयरेट) का अणु

साबुन (सोडियम स्टीयरेट) का अणु (चित्र 19.1) विभिन्न प्रकार से बने साबुन सम्बन्धी जानकारी सारणी 19.1 में अंकित है ।

सारणी 19.1

क्रम	साबुन में उपस्थित धातु	साबुन का रासायनिक नाम	साबुन का रासायनिक सूत्र	साबुन के प्रकार	उपयोग
1.	सोडियम	सोडियम स्टीयरेट	$C_{17}H_{35}COONa$	कठोर	[illegible]
2.	पोटैशियम	पोटैशियम स्टीयरेट	$C_{17}H_{35}COOK$	मुलायम	[illegible]
3	जिंक	जिंक स्टीयरेट	$(C_{17}H_{35}COO)_2Zn$	अघुलनशील	[illegible]
4.	एल्यूमिनियम	एल्यूमिनियम स्टीयरेट	$(C_{17}H_{35}COO)_3Al$	अघुलनशील	[illegible]

* महुआ, नारियल, मूंगफली, तिल, अलसी के साथ लिये गये तेल उपयोगी रहते हैं ।

सारणी 19.1 में बताये गये अम्लों के अतिरिक्त और भी कार्बनिक अम्ल साबुन बनाने के काम आते हैं। कार्बनिक अम्ल वनस्पति तथा जन्तुओं से प्राप्त अम्ल होते हैं। यह अम्ल अपने-अपने स्रोत में ऐस्टर के रूप में उपस्थित रहते हैं (सारणी 19.2)।

चित्र 19.2—साबुन बनाना (गर्म विधि)

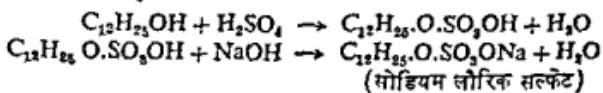
सारणी 19.2

क्रम	कार्बनिक अम्ल	अम्ल का सूत्र	अम्ल का प्राकृतिक स्रोत
1.	स्टीयरिक	$C_{17}H_{35}COOH$	बकरी की चर्बी
2.	पामिटिक	$C_{15}H_{31}COOH$	ताड का तेल
3.	ओलिक	$C_{17}H_{33}COOH$	जैतून तथा बिनौले का तेल
4.	लौरिक	$C_{11}H_{23}COOH$	नारियल का तेल
5.	मिरीस्टीक	$C_{13}H_{27}COOH$	नारियल का तेल

19.3 क्या साबुन के अलावा अन्य रसायन भी सफाई करने के काम आते हैं ?

अपमार्जक जन तथा साधारण साबुन के अलावा वैज्ञानिकों ने और भी रासायनिक पदार्थ तैयार कर लिये है। इनकी संरचना साबुन के अणुओं से भिन्नहोती है इसकी रचना के लिए वसीय एल्कोहल—जैसे, लौरिल ऐल्कोहॉल ($C_{12}H_{25}OH$) तथा सान्द्र गंधक के अम्ल को मिलाकर पहले आम्लिक ऐस्टर बनाया जाता है जिसको सोडियम हाइड्रॉक्साइड के जलीय घोल से उदासीन किया जाता है। बनने वाले रासायनिक पदार्थ का नाम सोडियम लौरिक सल्फेट होता है। रासायनिक समीकरण नीचे दी गई है—

$$C_{12}H_{25}OH + H_2SO_4 \rightarrow C_{12}H_{25}.O.SO_3OH + H_2O$$
$$C_{12}H_{25}\,O.SO_3OH + NaOH \rightarrow C_{12}H_{25}.O.SO_3ONa + H_2O$$

(सोडियम लौरिक सल्फेट)

19.4 साबुन सफाई कैसे करता है ?

सारणी में साबुन के सूत्रों तथा सोडियम स्टीयरेट की अणु रचना को देखने से स्पष्ट हो जाता है कि प्रत्येक दो भागों का बना होता है। पहला भाग जो सोडियम धातु के आयन से मिला हुआ है (−COONa) तथा दूसरा जो कि कार्बन के क्रमबद्ध परमाणुओं की शृंखला बनाता है $[CH_3(CH_2)_{16}]$।

रसायनज्ञों ने काफी गहन अध्ययन करने के बाद यह जानकारी प्राप्त की है कि प्रथम भाग पानी में तथा द्वितीय भाग चिकनाई वगैरह में घुलनशील रहता है। जब साबुन को जल में घोला जाता है तब यह भाग चिकनाई में घुलकर जल में कोलाइडी कणों (Colloidal Particles) के रूप में जल में आ जाता है। इस कपड़े से चिकनाई दूर हो जाती है (देखिये चित्र 19.1)

इस प्रकार से प्राप्त रसायन अपमार्जक (Detergents) कहलाते हैं। इनकी विशेषता इस प्रकार है—

(1) एक हल्का तथा भारी पानी दोनों में सफाई का कार्य करते हैं।

(2) जल में घुलकर हाइड्रॉक्सिल आयन (OH^-) नहीं देते हैं। अतः किसी भी प्रकार के धागे पर प्रभाव नहीं होता है.

(3) यह सफाई करने वाले सतह पर जल में अधिक फैलने तथा प्रभाव डालते हैं।

प्रयोगशाला में काँच के उपकरण तथा घरों पर फर्श, आदि साफ करने के लिए उपयोगी उपमार्जक टीपोल (Teepol) है। यह B.D.H. कम्पनी का बनाया हुआ है। उसकी अधिक जानकारी प्राप्त करने के लिए कम्पनी को लिखकर पूछो।

19.5 साबुन बनाना

सामान्यतः साबुन गरम विधि (वसा को क्षार के साथ उबालकर) या ठण्डी विधि (वसा और क्षार को अच्छी तरह मिलाकर) से बनाया जाता है।

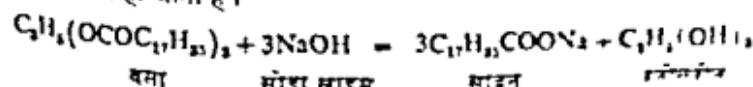
गरम विधि—वृहद मात्रा में साबुन बनाने के लिए इस विधि का प्रयोग किया जाता है (चित्र 19.2) क्योंकि इस विधि द्वारा प्राप्त साबुन सस्ता एवं उत्तम बनता है। इस विधि के [illegible] पद हैं :

(1) उबालना—पिघली हुई वसा या तेल को लोहे की बड़ी-बड़ी टंकियों में [illegible] जाता है और भाप द्वारा उन्हें गर्म किया जाता है। क्षार का विलयन धीरे-धीरे इसमें [illegible] जाता है जिससे वसा का साबुनीकरण हो जाता है।

$$C_3H_5(OCOC_{17}H_{35})_3 + 3NaOH = 3C_{17}H_{35}COONa + C_3H_5(OH)_3$$

वसा सोडा [illegible] साबुन ग्लिसरीन

(2) लवण क्रिया—जब साबुनीकरण की क्रिया पूर्ण हो चुकती है [illegible] साबुन का अवक्षेपण कर लिया जाता है। गर्म करते रहने से दो स्तर बन जाते हैं। [illegible] निचला स्तर ग्लीसरीन, नमक एवं शेष क्षारीय विलयन का होता है। [illegible] निकालकर ग्लीसरीन प्राप्त कर लिया जाता है।

(3) समपूरक क्रिया—लोहे के बड़ेर में शेष साबुन को [illegible]

और उसे ठण्डा होने दिया जाता है। साबुन की ऊपरी तह नलो द्वारा निकाल ली जाती है और भाप से गर्म टंकी में भेज दी जाती है। यहा पर साबुन मे भारवर्द्धक रंग एवं सुगंधित पदार्थ मिलाये जाते है और साबुन को बड़े-बड़े सांचो मे ठण्डा होने के लिए रख दिया जाता है। जब साबुन सख्त हो जाता है तो डण्डो एव टिकियो को मशीन द्वारा काट लिया जाता है। टिकियो पर कम्पनी की मोहर लगाकर आकर्षक पैकिंग करके बाजार मे भेज देते हैं।

ठण्डी विधि—इस विधि में वसा या तेल और कॉस्टिक सोडा की आवश्यक मात्रा को लोहे की टंकी मे, जिसमें विलोडन यन्त्र लगा रहता है, मिलाकर साबुनीकरण करते है। विलोडन तब तक करते है जब तक कि साबुन जमने न लग जावे। इस अवस्था मे इसे निकालकर सांचों मे जमाते है। जब साबुन सख्त हो जाता है तो डंडों या टिकियों में काट लेते हैं।

उपर्युक्त दोनो विधियो मे गरम विधि अधिक अच्छी है क्योंकि यह सस्ती है और इसमे साबुन भी अधिक शुद्ध बनता है। इस विधि में उपफल ग्लीसरीन भी प्राप्त होता है।

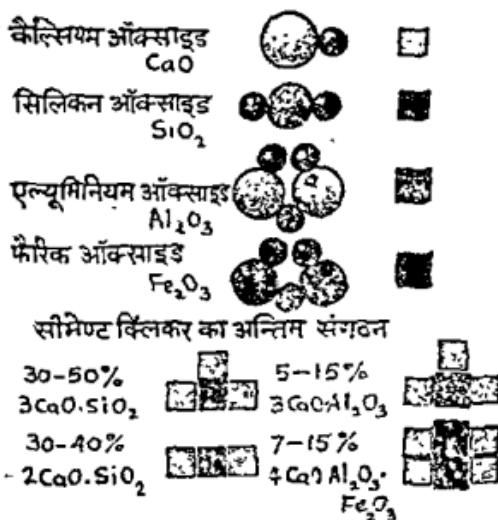
पारदर्शक साबुन—पारदर्शक साबुन बनाने के लिए साबुन को ऐल्कोहॉल मे विलय करके छान लेते है। निस्यंद से ऐल्कोहॉल को वाष्पित करने पर पारदर्शक साबुन प्राप्त हो जाता है।

सीमेण्ट व मॉर्टर

मनुष्य प्रारम्भ मे ही गृह निर्माण मे उपयोगी पदार्थों को अच्छे तथा सुदृढ बनाने के लिए प्रयास करता रहा है। आधुनिक विज्ञान की खोजों ने भी मनुष्य की गतिविधियो को सुधारने के लिए अपना योगदान दिया है। सीमेण्ट का उदाहरण लेकर हम यह देखेंगे कि सीमेण्ट एव मॉर्टर के बारे मे बढता हुआ रसायन का ज्ञान इन दोनों पदार्थों के लिए अत्यन्त उपयोगी है। सीमेण्ट तथा मॉर्टर अच्छे तथा सुदृढ भवन निर्माण कला को प्रगति में अत्यन्त सहायक सिद्ध हुए हैं।

कैल्सियम ऑक्साइड CaO
सिलिकन ऑक्साइड SiO_2
एल्यूमिनियम ऑक्साइड Al_2O_3
फैरिक ऑक्साइड Fe_2O_3
सीमेण्ट क्लिकर का अन्तिम संगठन
30-50% $3CaO.SiO_2$
5-15% $3CaO.Al_2O_3$
30-40% $2CaO.SiO_2$
7-15% $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

चित्र 19.3—सीमेण्ट क्लिकर के प्रमुख घटक

19.6 सीमेण्ट क्या है

कैल्सियम सिलीकेट और कैल्सियम एल्यूमिनेट—कैल्सियम ऑक्साइड एक भास्मिक ऑक्साइड है, जो कि अम्लीय ऑक्साइड SiO_2 से मिलकर कैल्सियम सिलीकेट ($3CaO . SiO_2$) और उभयधर्मी (Amphoteric) ऑक्साइड Al_2O_3 मे मिलकर कैल्सियम एल्युमिनेट ($3CaO. Al_2O_3$) बनाता है। यो तो यह लवण कोई विशिष्ट गुण नही रखते परन्तु इनकी शुष्क अवस्था में जल मिलाने पर इनके जलीय

इस प्रकार रेत मिलाकर सीमेंट को सानने पर एक Paste बन जाता है। ऐसा करने से शुष्क पदार्थ Hydrates में बदल जाते हैं और $2CaO.2SiO_2.5H_2O$ और $4CaO.Al_2O_3.12H_2O$ बन जाते हैं और CaO बुझा चूना $Ca(OH)_2$ में बदल जाता है। धीरे-धीरे सूखने पर $Ca(OH)_2$ कैल्सियम सिलीकेट और कैल्सियम एल्यूमिनेट के साथ मिलकर इस प्रकार क्रिस्टलीकरण करता है कि एक दूसरे से गुंथे हुए क्रिस्टल बन जाते हैं जिससे पदार्थ जटिल और अत्यन्त कठोर हो जाता है।

19.9 सीमेण्ट का उपयोग

सीमेण्ट का प्रमुख उपयोग मकान, सड़क, पुल, बांध, आदि बनाने में होता है। जैसा कि ऊपर बताया है, सीमेण्ट को रेत में मिलाकर पानी में एक गाढा पेस्ट बनाकर प्रयोग करते हैं। यदि इसमें मिश्रण में कंकड़ मिलाकर प्रयोग किया जाता है तो उसे कान्क्रीट कहते हैं। लोहे की छड़ों के ऊपर कांक्रीट प्रयोग कर और मजबूत बनाते हैं तो उसे रेन्फोर्स्ड कंक्रीट कहते हैं।

राजस्थान में सीमेण्ट

राजस्थान में सीमेण्ट फैक्ट्रियां निम्न स्थानों पर स्थित है .

(1) लाखेरी
(2) सवाई माधोपुर
(3) चित्तौड गढ

19.10 मॉर्टर

पानी, रेत और बुझे चूने को मिलाने से भी एक गाढा पदार्थ प्राप्त होता है जिसको हवा में खुला छोडने पर धीरे-धीरे दृढ़ता आ जाती है। इस प्रकार से बना हुआ मिश्रण मार्टर कहलाता है। हवा में रखने पर यह हवा से कार्बन डाइऑक्साइड सोख लेता है। ऐसा पाया गया है कि दो हजार वर्ष पुरानी इमारतों में अब भी बुझे चूने की मात्रा पाई गई है जो कि बाहर से कैल्सियम कार्बोनेट की पर्त से ढकी हुई है। यह भी भवन निर्माण में उपयोगी सिद्ध हुआ है।

19.11 कांच

पदार्थों की रासायनिक सरचना का ज्ञान, काच निर्माण उद्योग में भी सहायक सिद्ध हुआ है। रासायनिक दृष्टि से काच का सगठन पोटैशियम सिलिकेट तथा सोडियम सिलिकेट है। साधारण काच मे विशेष प्रकार के गुण उत्पन्न करने के लिए निर्माण में अन्य रासायनिक पदार्थ मिला दिये जाते हैं। इनका साधारण वर्णन नीचे दिया गया है।

19.12 कांच निर्माण विधि

(1) सामग्री—काच निर्माण के प्रारम्भिक रासायनिक पदार्थ निम्न हैं—

(अ) कैल्सियम कार्बोनेट तथा सोडियम या पोटैशियम कार्बोनेट

(ब) सिलिका (बालू रेत)

(2) विधि—उपरोक्त पदार्थों को एक विशेष प्रकार की भट्टी में लेकर जब उच्च ताप पर गर्म किया जाता है, जिससे प्रारम्भिक पदार्थों में रासायनिक परिवर्तन होने से बनने वाले पदार्थ में

इस दोष को दूर करने के लिए काच के बर्तनों को एक बन्द कमरे में 500° सें. तक गर्म करते ह (अथवा सांचे से निकालने के बाद) और धीरे-धीरे ठंडा करते है। इस क्रिया को तापानुशीतन कहते है। अच्छे कांच या उसके बने बर्तन का एक आवश्यक गुण यह है कि वह अचानक तापक्रम कम या अधिक करने पर टूटे नहीं।

कांच कई प्रकार के होते हैं जैसा कि इस इकाई में बताया जा चुका है। इनमें अधिक उपयोग मे आने वाले कुछ कांच की रचना इस प्रकार है--

काच	प्रतिशत SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	PbO	Al_2O_3	B_2O_3	ZnO
सोडा	76	13	—	11	—	—	—	—
पोटाश	71	—	18	11	—	—	—	—
फ्लिन्ट	53	—	14	—	33	—	—	—
पाइरेक्स	81	5	—	—	—	2	12	—

रेशेदार कांच

काच को यदि लचकदार तन्तुओ और धागो मे बदल दे तो रेशेदार काच बन जाता है। यह एक उत्तम ऊष्मारोधी है। रेशे के रूप में इसे काच की रूई (Glass Wool) कहते हैं। रेशो को बुन कर कपडा बनाया जा सकता है जिसमे रेशम जैसी चमक होती है और यह रेशम अथवा कृत्रिम रेशो से ज्यादा मजबूत होता है। इन रेशो से बना कपडा विद्युत अवरोधक होता है। इस रेशे का व्यास लगभग 0 0002 इच होता है और 1000 पौण्ड प्रति वर्ग इच की ताकत झेल कर भी नही टूटता। इन रेशो का सर्वोत्तम उपयोग विद्युत मशीनों मे अवरोधक के रूप मे होता है।

अतिचालक कांच

अभी तक अतिचालक चुम्बकों मे विद्युत प्रवाह के लिए नायोबियम (Niobium) और टाइटेनियम (Titanium) अथवा नायोबियम और टीन (Tin) के मिश्रो (Alloys) का प्रयोग किया जाता रहा है। 277·2° सें. पर यह मिश्र 1 से 2 लाख गौस (Gauss) तक का चुम्बकीय क्षेत्र झेल सकते है। इस दिशा में सयुक्त राज्य अमेरिका मे एक प्रकार का कांच बनाया गया है जो ऐसे ही गुण रखता है जो कि ऊपर किये मिश्रो मे विद्यमान होते है। इसे बनाने के लिए सांद्र (Porous) काच लेकर 60% सीसा (Lead) और 40% बिस्मथ (Bismuth) के मिश्र से संसेचित (Impregnate) करते है। बने हुए पदार्थ को रेशों या टेप में बदला जा सकता है। इस काच का प्रयोग चुम्बकों मे अभी आरम्भ हो पाया है क्योंकि इन रेशो को लम्बे धागों मे बनाने की समस्या हल नही हो पाई है।

19.14 कृत्रिम रेशे

आदि काल से मनुष्य प्रकृति से उपलब्ध रेशो (रुई, रेशम, आदि) का उपयोग अपने वस्त्र निर्माण मे करता आया है। इन प्राकृतिक रेशों मे सभी प्रकार के वांछित गुण उपस्थित नहीं होते है। मनुष्य की जिज्ञासा पूर्ण प्रकृति ने इन पर भी दृष्टिपात कर इनके रसायन सगठन को समझने का प्रयत्न किया। इस प्रकार के प्रयत्न का सामूहिक ज्ञान इतना अधिक बढ़ गया है कि कुछ सीमा तक प्राकृतिक रेशों का उपयोग बिलकुल ही कम हो गया है। वैज्ञानिकों का इस प्रकार का ज्ञान प्राप्त करने का ध्येय प्रकृति पर विजय प्राप्त कर, प्राकृतिक रेशो का अध्ययन अधिक रहा है। आधुनिक समाज

में प्रयोग किए जाने वाले कृत्रिम रेशे, नाइलोन, टेरिलीन तथा डेक्रोन, आदि है। यही नहीं, इस प्रकार के रूप में प्राकृतिक रेशों में कुछ परिवर्तन कर उनको अधिक उपयोगी एवं सुदृढ बनाने का प्रयास किया गया है। इस प्रकार के रूपान्तरित रेशे रेयॉन कहलाते हैं। इस प्रकार के अन्य कृत्रिम रेशे जिनका उपयोग वस्त्र निर्माण के अतिरिक्त अन्य वस्तुओं के निर्माण में किया जाता है, उनके नाम हैं— एसीटेट रेशे, पॉलीएस्टर, आदि।

रासायनिक दृष्टि से कृत्रिम एवं प्राकृतिक रेशे सभी एक प्रकार के विशेष सगठन वाले पदार्थ हैं जिनमें रेशे बनाने का गुण उपस्थित होता है। इसी प्रकार के कुछ रेशों का साधारण अध्ययन यहाँ किया गया है।

(1) कपास

प्राकृतिक रेशों में यह एक प्रकार का रासायनिक यौगिक है जिसमे कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के कई परमाणु एक विशेष प्रकार के रासायनिक बन्धन से युक्त होते हैं। इस यौगिक को सेलुलोज (Cellulose) कहते हैं।

किसी भी प्रकार के यौगिक जिनमे छोटे-छोटे साधारण यौगिकों के कई अणु एक दूसरे से रासायनिक बन्धन द्वारा संयुक्त रहते हैं, बहुलक (Polymer) कहलाते है। उन इकाइयों को जिनसे मिलकर वे बनते है एकलक (Monomer) कहते हैं।

उपरोक्त परिभाषा के अनुसार कपास एक बहुलक है जिसकी छोटी इकाई $(C_6H_{10}O_5)$ एकलक (Monomer) है। यह प्राकृतिक कपास का रासायनिक सगठन है।

कपास के रूपान्तरित रेशे

(अ) रेयॉन (विस्कोस रेशे)

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है, रासायनिक ज्ञान के आधार पर एक प्रकार के पदार्थ को दूसरे प्रकार के पदार्थ से क्रिया कराने पर रूपान्तरित किया जा सकता है। इसी सिद्धान्त के आधार पर प्राकृतिक कपास को कार्बन डाइसल्फाइड एवं कॉस्टिक सोडा के साथ बन्द पात्र में क्रिया कराकर एक मध्यस्थ यौगिक में बदल दिया जाता है। इस अवस्था में यौगिक का रंग पीला और गाढ़े द्रव के रूप में होता है। इस यौगिक के गाढ़े घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र वाली नलियों से तनु गंधक के अम्ल के घोल में होकर गुजारा जाता है जिससे यह पदार्थ रेशे के रूप में प्राप्त होता है (चित्र 19.4)। इस प्रकार प्राप्त रेशे का रासायनिक सगठन सेलुलोज जैसा ही होता है। प्राकृतिक सेलुलोज के रेशों और उपरोक्त रेशों के भौतिक गुणों में काफी अन्तर होता है। सेलुलोज के सभी कृत्रिम रेशों को एक साधारण नाम 'रेयॉन" दिया गया है। इस विधि में कपास का रासायनिक सगठन नहीं बदलता है।

(ब) रेयॉन (एसीटेट रेशे)

इन रेशों को बनाने के लिए प्राकृतिक कपास (सेलुलोज) को एसीटिक एनहाइड्राइड नामक रासायनिक पदार्थ से क्रिया करवाते हैं। इससे बनने वाले पदार्थ (सेलुलोज डाइएसीटेट) को एसीटोन नामक तीसरे पदार्थ में घोल लेते है। इस अवस्था में पदार्थ के घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र वाली नलियों में होकर गुजारा जाता है और इनसे निकलने वाले रेशों पर गर्म हवा प्रवाहित की जाती है। एसीटोन वाष्पित हो जाता है और चमकीला धागा प्रारम्भिक कपास के धागे से भिन्न होता है। रासायनिक दृष्टि से इसका सगठन सेलुलोज से भिन्न होता है।

इस दोष को दूर करने के लिए कांच के बर्तनों को एक बन्द कमरे में 500° सें. तक गर्म करते (अथवा साचे से निकालने के बाद) और धीरे-धीरे ठंडा करते हैं। इस क्रिया को [illegible] हैं। अच्छे कांच या उसके बने बर्तन का एक आवश्यक गुण यह है कि वह अचानक तापक्रम कम [illegible] अधिक करने पर टूटे नहीं।

कांच कई प्रकार के होते है जैसा कि इस इकाई में बताया जा चुका है। इनमे अधिक [illegible] मे आने वाले कुछ कांच की रचना इस प्रकार है—

काच	प्रतिशत SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	PbO	Al_2O_3	B_2O_3	ZnO
सोडा	76	13	—	11	—	—	—	—
पोटाश	71	—	18	11	—	—	—	—
फ्लिण्ट	53	—	14	—	33	—	—	—
पाइरेक्स	81	5	—	—	—	2	12	—

रेशेदार कांच

काच को यदि लचकदार तन्तुओं और भागों मे बदल दें तो रेशेदार काच बन जाता है। यह एक उत्तम ऊष्मारोधी है। रेशे के रूप मे इसे कांच की रूई (Glass Wool) कहते हैं। रेशो को बुन कर कपडा बनाया जा सकता है जिसमे रेशम जैसी चमक होती है और यह रेशम अथवा कृत्रिम रेशो से ज्यादा मजबूत होता है। इन रेशो से बना कपड़ा विद्युत अवरोधक होता है। इस रेशे का व्यास लगभग 0 0002 इंच होता है और 1000 पौण्ड प्रति वर्ग इंच की ताकत झेल कर भी नहीं टूटता। इन रेशो का सर्वोत्तम उपयोग विद्युत मशीनो मे अवरोधक के रूप मे होता है।

अतिचालक कांच

अभी तक अतिचालक चुम्बको मे विद्युत प्रवाह के लिए नायोबियम (Niobium) और टाइटेनियम (Titanium) अथवा नायोबियम और टीन (Tin) के मिश्रो (Alloys) का प्रयोग किया जाता रहा है। 277·2° सें पर यह मिश्र 1 से 2 लाख गौस (Gauss) तक का चुम्बकीय क्षेत्र झेल सकते है। इस दिशा मे सयुक्त राज्य अमेरिका मे एक प्रकार का काच बनाया गया है जो ऐसे ही गुण रखता है जो कि ऊपर किये मिश्रो में विद्यमान होते हैं। इसे बनाने के लिए सांध्र (Porous) काच लेकर 60% सीसा (Lead) और 40% बिस्मथ (Bismuth) के मिश्र से संसेचित (Impregnate) करते है। बने हुए पदार्थ को रेशो या टेप में बदला जा सकता है। इस काच का प्रयोग चुम्बको मे अभी आरम्भ हो पाया है क्योंकि इन रेशो को लम्बे धागों मे बनाने की समस्या हल नहीं हो पाई है।

19.14 कृत्रिम रेशे

आदि काल से मनुष्य प्रकृति से उपलब्ध रेशों (रूई, रेशम, आदि) का उपयोग अपने वस्त्र निर्माण मे करता आया है। इन प्राकृतिक रेशों मे सभी प्रकार के वांछित गुण उपस्थित नहीं होते हैं। मनुष्य की जिज्ञासा पूर्ण प्रकृति ने इन पर भी दृष्टिपात कर इसके रसायन सगठन को समझने का प्रयत्न किया। इस प्रकार के प्रयत्न का सामूहिक ज्ञान इतना अधिक बढ़ गया है कि कुछ सीमा तक प्राकृतिक रेशो का उपयोग बिलकुल ही कम हो गया है। वैज्ञानिको का इस प्रकार का ज्ञान प्राप्त करने का ध्येय प्रकृति पर विजय प्राप्त कर, प्राकृतिक रेशो का अध्ययन अधिक रहा है। आधुनिक समाज

मे प्रयोग किये जाने वाले कृत्रिम रेशे, नाइलोन, टेरिलीन तथा डेक्रोन, आदि है। यही नही, इस प्रकार के ज्ञान से प्राकृतिक रेशो में कुछ मिलाकर उनको अधिक उपयोगी एव सुदृढ बनाने का प्रयास किया गया है। इस प्रकार के रूपान्तरित रेशे रेयॉन कहलाते है। इस प्रकार के अन्य कृत्रिम रेशे जिनका उपयोग वस्त्र निर्माण के अतिरिक्त अन्य वस्तुओ के निर्माण मे किया जाता है, उनके नाम हैं— एसीटेट रेशे, पॉलीएस्टर, आदि।

रासायनिक दृष्टि से कृत्रिम एव प्राकृतिक रेशे सभी एक प्रकार के विशेष सगठन वाले पदार्थ है जिनमे रेशे बनाने का गुण उपस्थित होता है। इसी प्रकार के कुछ रेशो का साधारण अध्ययन यहाँ किया गया है।

(1) कपास

प्राकृतिक रेशो मे यह एक प्रकार का रासायनिक यौगिक है जिसमे कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के कई परमाणु एक विशेष प्रकार के रासायनिक बन्धन मे युक्त होते हैं। इस यौगिक को सेल्युलोज (Cellulose) कहते हैं।

किसी भी प्रकार के यौगिक जिनमे छोटे-छोटे साधारण यौगिको के कई अणु एक दूसरे से रासायनिक बन्धन द्वारा सयुक्त रहते हैं, बहुलक (Polymer) कहलाते है। उन इकाइयों को जिनसे मिलकर वे बनते हैं एकलक (Monomer) कहते हैं।

उपरोक्त परिभाषा के अनुसार कपास एक बहुलक है जिसकी छोटी इकाई $(C_6H_{10}O_5)$ एकलक (Monomer) है। यह प्राकृतिक कपास का रासायनिक सगठन है।

कपास के रूपान्तरित रेशे

(अ) रेयोन (विस्कोस रेशे)

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है, रासायनिक ज्ञान के आधार पर एक प्रकार के पदार्थ को दूसरे प्रकार के पदार्थ से क्रिया कराने पर रूपान्तरित किया जा सकता है। इसी सिद्धान्त के [illegible] पर प्राकृतिक कपास को कार्बन डाइसल्फाइड एव कॉस्टिक सोडा के साथ [illegible] मे [illegible] एक मध्यस्थ यौगिक मे बदल दिया जाता है। इस अवस्था मे यौगिक का रंग पीला और [illegible] के रूप मे होता है। इस यौगिक के गाढे घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र [illegible] से [illegible] के अम्ल के घोल मे होकर गुजारा जाता है जिससे यह पदार्थ रेशे के रूप मे [illegible] है (चित्र 19 4)। इस प्रकार प्राप्त रेशे का रासायनिक सगठन सेल्युलोज जैसा ही [illegible] है। प्राकृतिक सेल्युलोज के रेशो और उपरोक्त रेशो के भौतिक गुणो मे काफी अन्तर [illegible] है। [illegible] कृत्रिम रेशो को एक साधारण नाम "रेयोन" दिया गया है। इस विधि से कपास का रासायनिक [illegible] नही बदलता है।

(ब) रेयोन (एसीटेट रेशे)

इन रेशो को बनाने के लिए प्राकृतिक कपास (सेल्युलोज) को एसीटिक [illegible] [illegible] पदार्थ से क्रिया करवाते है। इससे बनने वाले पदार्थ (सेल्युलोज [illegible] [illegible] [illegible] पदार्थ मे घोल लेते है। इस अवस्था मे पदार्थ के [illegible] [illegible] [illegible] मे होकर गुजारा जाता है और इससे निकलने वाले [illegible] [illegible] है। [illegible] वाष्पित हो जाता है और [illegible] [illegible] है। रासायनिक दृष्टि से इसका सगठन सेल्युलोज से भिन्न होता है।

इस दोष को दूर करने के लिए कांच के बर्तनों को एक बन्द कमरे मे 500° सें. तक गर्म करते (अथवा साचे से निकालने के बाद) और धीरे-धीरे ठंडा करते हैं। इस क्रिया को तापानुशीतन कहते हैं। अच्छे कांच या उसके बने बर्तन का एक आवश्यक गुण यह है कि वह अचानक तापक्रम कम अधिक करने पर टूटे नहीं।

कांच कई प्रकार के होते हैं जैसा कि इस इकाई मे बताया जा चुका है। इनमे अधिक ... मे आने वाले कुछ काच की रचना इस प्रकार है—

काच	प्रतिशत SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	PbO	Al_2O_3	B_2O_3	ZnO
सोडा	76	13	—	11	—	—	—	—
पोटाश	71	—	18	11	—	—	—	—
फ्लिण्ट	53	—	14	—	33	—	—	—
पाइरेक्स	81	5	—	—	—	2	12	—

रेशेदार कांच

काच को यदि लचकदार तन्तुओ और धागो मे बदल दें तो रेशेदार काच बन जाता है। यह एक उत्तम ऊष्मारोधी है। रेशे के रूप मे इसे कांच की रूई (Glass Wool) कहते हैं। रेशो को बुन कर कपडा बनाया जा सकता है जिसमे रेशम जैसी चमक होती है और यह रेशम अथवा कृत्रिम रेशों से ज्यादा मजबूत होता है। इन रेशो से बना कपडा विद्युत अवरोधक होता है। इस रेशे का व्यास लगभग 0 0002 इंच होता है और 1000 पौण्ड प्रति वर्ग इंच की ताकत झेल कर भी नही टूटता। इन रेशों का सर्वोत्तम उपयोग विद्युत मशीनो मे अवरोधक के रूप में होता है।

अतिचालक कांच

अभी तक अतिचालक चुम्बकों मे विद्युत प्रवाह के लिए नायोबियम (Niobium) और टाइटेनियम (Titanium) अथवा नायोबियम और टीन (Tin) के मिश्रो (Alloys) का प्रयोग किया जाता रहा है। 277·2° सें पर यह मिश्र 1 से 2 लाख गौस (Gauss) तक का चुम्बकीय क्षेत्र झेल सकते है। इस दिशा मे संयुक्त राज्य अमेरिका मे एक प्रकार का काच बनाया गया है जो ऐसे ही गुण रखता है जो कि ऊपर किये मिश्रो में विद्यमान होते है। इसे बनाने के लिए सांध्र (Porous) काच लेकर 60% सीसा (Lead) और 40% बिस्मथ (Bismuth) के मिश्र से संसेचित (Impregnate) करते है। बने हुए पदार्थ को रेशो या टेप मे बदला जा सकता है। इस काच का प्रयोग चुम्बको मे अभी आरम्भ हो पाया है क्योकि इन रेशो को लम्बे धागो मे बनाने की समस्या हल नही हो पाई है।

19.14 कृत्रिम रेशे

आदि काल से मनुष्य प्रकृति से उपलब्ध रेशों (रूई, रेशम, आदि) का उपयोग अपने वस्त्र निर्माण मे करता आया है। इन प्राकृतिक रेशो मे सभी प्रकार के वांछित गुण उपस्थित नही होते हैं। मनुष्य की जिज्ञासा पूर्ण प्रकृति ने इन पर भी दृष्टिपात कर इसके रसायन सगठन को समझने का प्रयत्न किया। इस प्रकार के प्रयत्न का सामूहिक ज्ञान इतना अधिक बढ गया है कि कुछ सीमा तक प्राकृतिक रेशो का उपयोग बिलकुल ही कम हो गया है। वैज्ञानिकों का इस प्रकार का ज्ञान प्राप्त करने का ध्येय प्रकृति पर विजय प्राप्त कर, प्राकृतिक रेशो का अध्ययन अधिक रहा है। आधुनिक समाज

[illegible] टेरिलीन तथा टेरीन, आदि हैं। यही नहीं, इस प्रकार के कुछ प्राकृतिक रेशों में कुछ परिवर्तन कर उनको अधिक उपयोगी एवं सुदृढ़ बनाने का प्रयास किया गया है। इस प्रकार के रूपान्तरित रेशे रेयॉन कहलाते हैं। इस प्रकार के अन्य कृत्रिम रेशे जिनका उपयोग वस्त्र निर्माण के अतिरिक्त अन्य वस्तुओं के निर्माण में किया जाता है, उनके नाम हैं—ग्लास रेशे, पॉलीथिलीन, आदि।

रसायनिक दृष्टि से कृत्रिम एवं प्राकृतिक रेशे सभी एक प्रकार के विशेष संगठन वाले पदार्थ हैं जिनमें रेशे बनने का गुण उपस्थित होता है। इसी प्रकार के कुछ रेशों का साधारण अध्ययन यहाँ किया गया है।

(1) कपास

प्राकृतिक रेशों में यह एक प्रकार का रासायनिक यौगिक है जिसमें कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के कई परमाणु एक विशेष प्रकार के रासायनिक बन्धन में युक्त होते हैं। इस यौगिक को सेलुलोज (Cellulose) कहते हैं।

किसी भी प्रकार के यौगिक जिनमें छोटे-छोटे साधारण यौगिकों के कई अणु एक दूसरे से रासायनिक बन्धन द्वारा संयुक्त रहते हैं, बहुलक (Polymer) कहलाते हैं। उन इकाइयों को जिनसे बहुलक बनते हैं एकलक (Monomer) कहते हैं।

उपरोक्त परिभाषा के अनुसार कपास एक बहुलक है जिसकी छोटी इकाई $(C_6H_{10}O_5)$ एकलक (Monomer) है। यह प्राकृतिक कपास का रासायनिक संगठन है।

कपास के रूपान्तरित रेशे

(क) रेयोन (विस्कोस रेशे)

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है, रासायनिक ज्ञान के आधार पर एक प्रकार के पदार्थ को दूसरे प्रकार के पदार्थ में क्रिया कराने पर रूपान्तरित किया जा सकता है। इसी सिद्धान्त के आधार पर प्राकृतिक कपास को कार्बन डाइसल्फाइड एवं कॉस्टिक सोडा के साथ बन्द पात्र में क्रिया कराकर एक मध्यस्थ यौगिक में बदल दिया जाता है। इस अवस्था में यौगिक का रंग पीला और गाढ़े द्रव के रूप में होता है। इस यौगिक के गाढ़े घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र वाली नलियों से तनु गंधक के अम्ल के घोल में होकर गुजारा जाता है जिससे यह पदार्थ रेशे के रूप में प्राप्त होता है (चित्र 19.4)। इस प्रकार प्राप्त रेशे का रासायनिक संगठन सेलुलोज जैसा ही होता है। प्राकृतिक सेलुलोज के रेशों और उपरोक्त रेशों के भौतिक गुणों में काफी अन्तर होता है। सेलुलोज के सभी कृत्रिम रेशों को एक साधारण नाम "रेयोन" दिया गया है। इस विधि में कपास का रासायनिक संगठन नहीं बदलता है।

(ख) रेयोन (एसीटेट रेशे)

इन रेशों को बनाने के लिए प्राकृतिक कपास (सेलुलोज) को एसीटिक एनहाइड्राइड नामक रासायनिक पदार्थ में क्रिया करवाते हैं। इससे बनने वाले पदार्थ (सेलुलोज डाइएसीटेट) को एसीटोन नामक तीसरे पदार्थ में घोल लेते हैं। इस अवस्था में पदार्थ के घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र वाली नलियों में होकर गुजारा जाता है और इससे निकलने वाले रेशों पर गर्म हवा प्रवाहित की जाती है। एसीटोन वाष्पित हो जाता है और चमकीला धागा प्रारम्भिक कपास के धागे से भिन्न होता है। रासायनिक दृष्टि से इसका संगठन सेलुलोज से भिन्न होता है।

इस दोष को दूर करने के लिए काच के बर्तनों को एक बन्द कमरे में 500° सें. तक ग
(अथवा सांचे से निकालने के बाद) और धीरे-धीरे ठंडा करते है। इस क्रिया को तापानुश
है। अच्छे कांच या उसके बने बर्तन का एक आवश्यक गुण यह है कि वह अचानक तापक्र
अधिक करने पर टूटे नहीं।

कांच कई प्रकार के होते है जैसा कि इस इकाई मे बताया जा चुका है। इनमे अधिक
मे आने वाले कुछ काच की रचना इस प्रकार है—

काच	प्रतिशत SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	PbO	Al_2O_3	B_2O_3
सोडा	76	13	—	11	—	—	—
पोटाश	71	—	18	11	—	—	—
फ्लिण्ट	53	—	14	—	33	—	—
पाइरेक्स	81	5	—	—	—	2	12

रेशेदार कांच

काच को यदि लचकदार तन्तुओ और भागों मे बदल दे तो रेशेदार कांच बन जाता है
एक उत्तम ऊष्मारोधी है। रेशे के रूप मे इसे काच की रूई (Glass Wool) कहते हैं। रेशों क
कर कपडा बनाया जा सकता है जिसमे रेशम जैसी चमक होती है और यह रेशम अथवा कृत्रिम
से ज्यादा मजबूत होता है। इन रेशों से बना कपडा विद्युत अवरोधक होता है। इस रेशे का
लगभग 0 0002 इन्च होता है और 1000 पौण्ड प्रति वर्ग इन्च की ताकत झेल कर भी नही टूट
इन रेशो का सर्वोत्तम उपयोग विद्युत मशीनो मे अवरोधक के रूप मे होता है।

अतिचालक कांच

अभी तक अतिचालक चुम्बको मे विद्युत प्रवाह के लिए नायोबियम (Niobium)
टाइटेनियम (Titanium) अथवा नायोबियम और टीन (Tin) के मिश्रो (Alloys) का प्र
किया जाता रहा है। 277·2° सें पर यह मिश्र 1 से 2 लाख गौस (Gauss) तक का चुम्बकीय
झेल सकते हैं। इस दिशा मे सयुक्त राज्य अमेरिका मे एक प्रकार का कांच बनाया गया है जो
ही गुण रखता है जो कि ऊपर किये मिश्रों मे विद्यमान होते है। इसे बनाने के लिए सारन्ध्र (Porou
काच लेकर 60% सीसा (Lead) और 40% बिस्मथ (Bismuth) के मिश्र से संसेचि
(Impregnate) करते हैं। बने हुए पदार्थ को रेशो या टेप में बदला जा सकता है। इस काच
प्रयोग चुम्बकों मे अभी आरम्भ हो पाया है क्योंकि इन रेशों को लम्बे धागों में बनाने की समस्
हल नहीं हो पाई है।

19.14 कृत्रिम रेशे

आदि काल से मनुष्य प्रकृति से उपलब्ध रेशों (रूई, रेशम, आदि) का उपयोग अपने वस्
निर्माण मे करता आया है। इन प्राकृतिक रेशो मे सभी प्रकार के वांछित गुण उपस्थित नहीं होते हैं।
मनुष्य की जिज्ञासा पूर्ण प्रकृति ने इन पर भी दृष्टिपात कर इसके रसायन सगठन को समझने का
प्रयत्न किया। इस प्रकार के प्रयत्न का सामूहिक ज्ञान इतना अधिक बढ गया है कि कुछ सीमा तक
प्राकृतिक रेशों का उपयोग बिलकुल ही कम हो गया है। वैज्ञानिकों का इस प्रकार का ज्ञान प्राप्त करने
का ध्येय प्रकृति पर विजय प्राप्त कर, प्राकृतिक रेशो का अध्ययन अधिक रहा है। आधुनिक समाज

ा किये जाने वाले कृत्रिम रेशे, नाइलोन, टेरिलीन तथा डेक्रोन, आदि है। यही नहीं, इस प्रकार ने प्राकृतिक रेशो मे कुछ मिलाकर उनको अधिक उपयोगी एव सुदृढ बनाने का प्रयास किया । इस प्रकार के रूपान्तरित रेशे रेयॉन कहलाते है। इस प्रकार के अन्य कृत्रिम रेशे जिनका वस्त्र निर्माण के अतिरिक्त अन्य वस्तुओ के निर्माण मे किया जाता है, उनके नाम है— रेशे, पॉलीएस्टर, आदि।

रासायनिक दृष्टि से कृत्रिम एव प्राकृतिक रेशे सभी एक प्रकार के विशेष सगठन वाले पदार्थ मे रेशे बनाने का गुण उपस्थित होता है। इसी प्रकार के कुछ रेशो का साधारण अध्ययन या गया है।

पास

प्राकृतिक रेशो मे यह एक प्रकार का रासायनिक यौगिक है जिसमे कार्बन, हाइड्रोजन तथा न के कई परमाणु एक विशेष प्रकार के रासायनिक बन्धन से युक्त होते हैं। इस यौगिक को (Cellulose) कहते हैं।

किसी भी प्रकार के यौगिक जिनमे छोटे-छोटे साधारण यौगिको के कई अणु एक दूसरे से क बन्धन द्वारा सयुक्त रहते है, बहुलक (Polymer) कहलाते हैं। उन इकाइयो को जिनसे वे बनते हैं एकलक (Monomer) कहते हैं।

उपरोक्त परिभाषा के अनुसार कपास एक बहुलक है जिसकी छोटी इकाई ($C_6H_{10}O_5$) (Monomer) है। यह प्राकृतिक कपास का रासायनिक सगठन है।

रूपान्तरित रेशे

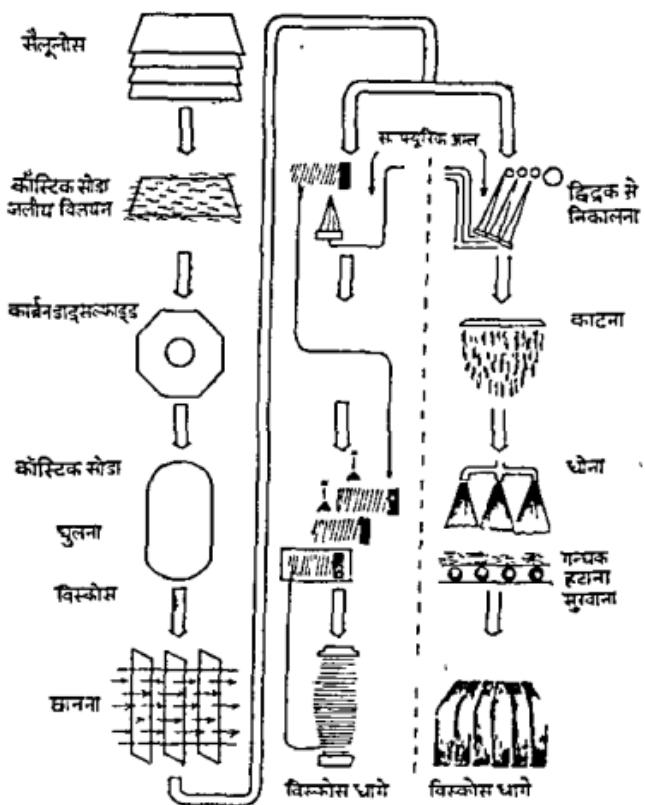
योन (विस्कोस रेशे)

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है, रासायनिक ज्ञान के आधार पर एक प्रकार के पदार्थ को ार के पदार्थ मे क्रिया कराने पर रूपान्तरित किया जा सकता है। इसी सिद्धान्त के आधार निक कपास को कार्बन डाइसल्फाइड एव कॉस्टिक सोडा के साथ बन्द पात्र मे क्रिया कराकर न्य यौगिक मे बदल दिया जाता है। इस अवस्था मे यौगिक का रग पीला और [illegible] ोता है। इस यौगिक के गाढ़े घोल को अत्यधिक दाब पर सूक्ष्म छिद्र वाली नलियो से [illegible] अम्ल के घोल मे होकर गुजारा जाता है जिससे यह पदार्थ रेशे के रूप मे [illegible] है 94)। इस प्रकार प्राप्त रेशे का रासायनिक सगठन सेलुलोज जैसा ही रहता है। प्राकृतिक के रेशो और उपरोक्त रेशो के भौतिक गुणो मे काफी अन्तर होता है। [illegible] शो को एक साधारण नाम "रेयॉन" दिया गया है। इस विधि मे कपास का रासायनिक सगठन रहता है।

ान (एसीटेट रेशे)

न रेशो को बनाने के लिए प्राकृतिक कपास (सेलुलोज) को एसीटिक [illegible] पदार्थ मे क्रिया करवाते है। इससे बनने वाले पदार्थ (सेलुलोज [illegible]) [illegible] तीसरे पदार्थ मे घोल लेते है। इस अवस्था मे पदार्थ के घोल को [illegible] नलियो मे होकर गुजारा जाता है और इससे निकलने वाले रेशे [illegible] है। [illegible] वाष्पित हो जाता है और [illegible] रासायनिक दृष्टि से इसका सगठन सेलुलोज से भिन्न होता है।

इस प्रकार रूपान्तरित सेलुलोज और प्राकृतिक सेलुलोज के रेशो मे रासायनिक सगठन अन्तर होता है। इसलिए इन दोनो प्रकार के रेशो मे भौतिक व रासायनिक गुणो मे अन्तर होता है।

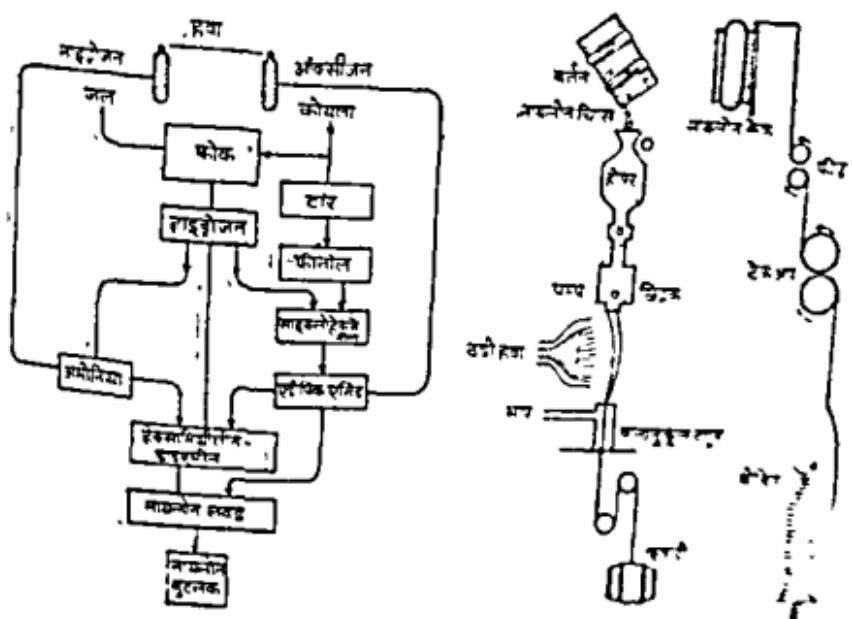
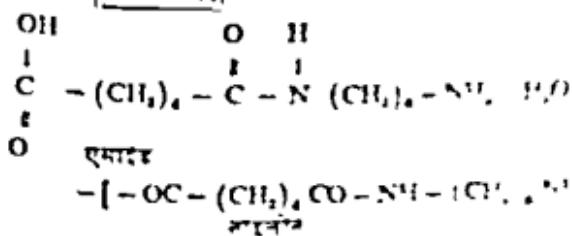
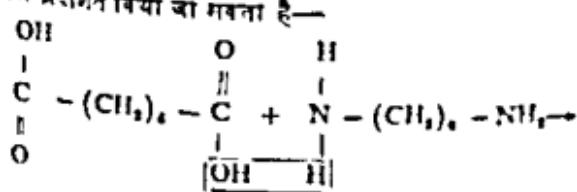
इसमे भी सेलुलोज एसीटेट एकलक के कई अणु एक साथ परस्पर रासायनिक बधन जुड़े रहते है। अतः यह एसीटेट का बहुलक है।

चित्र 19 4—विस्कोस का रेशा निर्माण चित्र

(2) नायलोन—रासायनिक कृत्रिम रेशे।

उपरोक्त वर्णित रेशे प्राकृतिक रेशो से रासायनिक क्रियाओ द्वारा आशिक अथवा सम्पूर्ण से रूपातरित किये हुए थे। अर्थात् प्रारम्भिक पदार्थ प्रकृति मे पहले से ही उपलब्ध थे।

नायलोन एक प्रकार का रेशा है जो पहले से उपस्थित प्राकृतिक रेशो से प्राप्त नहीं किया जाता बल्कि रासायनिक क्रियाओं के ज्ञान के आधार पर कृत्रिम रूप से रासायनिक पदार्थों की परस्पर क्रिया कराकर धागे के रूप मे प्राप्त किया जाता है। इन पदार्थों के नाम क्रमश. एडिपिक अम्ल और हेक्सा मिथाइलीन डाइएमीन है। इन दोनो के सूत्र नीचे प्रदर्शित किये गये हैं।

एडिपिक अम्ल—$HOOC.\ CH_2.\ CH_2.\ CH_2.\ CH_2.\ COOH$

हेक्सा मिथाइलीन डाइएमीन—$H_2N.\ CH_2.\ CH_2.\ CH_2\ CH_2\ CH_2.\ CH_2.\ NH_2$

रेशों की तुलना निरीक्षण पर—सूक्ष्मदर्शी यन्त्रों पर कपास, ऊन व रेशम को रखकर, उन्हें फोकस करो। छात्र एक-एक की संख्या में आकर सूक्ष्मदर्शी में बने रेशे के चित्र को देखकर उसकी आकृति अपनी अभ्यास पुस्तिका में बनावेंगे।

निष्कर्ष—1. छात्र प्राकृतिक रेशों की बनावट का ज्ञान प्राप्त करेंगे।

2. छात्र तीनों रेशों के कणों के बीच की दूरी का सम्बन्ध प्राप्त करेंगे।

रासायनिक अभिकर्मक

क्रियाकारक	कपास	ऊन	रेशम	रेयन	नायलोन
तनु गंधक का अम्ल	अघुलनशील	अघुलनशील	घुलनशील	घुलनशील	अघुलनशील
नमक का अम्ल	"	"	"	बहुत धीरे-धीरे घुलता है	"
कॉस्टिक सोडा विलयन	"	घुलनशील	"	अघुलनशील	"

19.15 रासायनिक उर्वरक

उपरोक्त वर्णन में अभी तक हम रसायन शास्त्र के उपलब्ध ज्ञान को मनुष्य के लिए कुछ विशेष प्रकार की उपयोगी वस्तु बनाने के प्रयोग में ले रहे थे। इसी प्रकार के ज्ञान का उपयोग खाद्य पदार्थों को अधिक उत्पत्ति करने के लिए भी किया गया है। रासायनिक उर्वरक पेड़-पौधों की वृद्धि के लिए अत्यन्त उपयोगी सिद्ध हुए हैं। कुछ ही रासायनिक तत्त्व पौधों की वृद्धि में सहायक होते हैं। जैसे—कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, कैल्सियम, मैग्नीशियम और लोहा। इनके अतिरिक्त अल्पतम मात्रा में ताम्र, मैंगनीज, कोबाल्ट, जस्ता तथा बोरान की उपस्थिति भी पौधों की वृद्धि में सहायक होती है।

लगातार खेतो में फसलों के तैयार होने से उसकी भूमि मे कुछ रासायनिक तत्त्वों की शनैः-शनैः कमी होती जाती है। इसी कमी को पूरा करने के लिए बाहर से कुछ रासायनिक पदार्थों की मात्राएं जिनमे कि उपरोक्त तत्त्व मौजूद हो, खेतो मे डाल दी जाती हैं। वे पदार्थ जिनमे उपरोक्त तत्त्व मौजूद रहते हैं, रासायनिक उर्वरक कहलाते हैं। कुछ रासायनिक उर्वरकों के नाम एवं उनके बनाने की साधारण विधियां नीचे लिखी गयी हैं।

पौधों की वृद्धि के आधार पर इस प्रकार के सभी रासायनिक पदार्थों को तीन भागों मे बांटा जा सकता है—

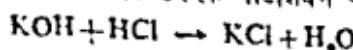
(1) पोटैशियम उर्वरक
(2) नाइट्रोजन उर्वरक
(3) फास्फोरस उर्वरक

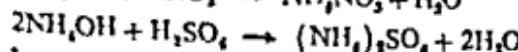
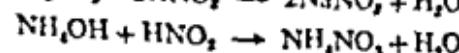
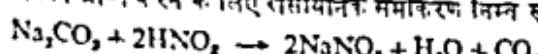
इनके अतिरिक्त और भी रासायनिक पदार्थों के मिश्रित उर्वरक पौधो की वृद्धि के लिए काम मे लाये जाते हैं।

भारतवर्ष मे रासायनिक उर्वरक बनाने के मुख्य केन्द्र सिन्दरी (बिहार) अल्वाए (केरल), नागल (पंजाब), राउरकेला (उड़ीसा), गोरखपुर (उत्तर प्रदेश) एवं कोटा तथा उदयपुर (राजस्थान) हैं।

(1) पोटैशियम उर्वरक

इस वर्ग में आने वाले रासायनिक उर्वरक पोटैशियम क्लोराइड, पोटैशियम सल

$$KOH + HCl \rightarrow KCl + H_2O$$

(2) नाइट्रोजन उर्वरक

इस वर्ग के उदाहरण हैं—सोडियम नाइट्रेट, कैल्सियम नाइट्रेट, अमोनियम नाइट्रेट ए नियम सल्फेट। इन सबको प्राप्त करने के लिए रासायनिक समीकरण निम्न रूप मे प्रदर्शित की

$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + H_2O + CO_2$$

$$NH_4OH + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

(3) फॉस्फोरस उर्वरक

इस वर्ग के उदाहरण हैं—कैल्सियम फॉस्फोराइट एवं कैल्सियम सुपरफॉस्फेट का का उदयपुर के पास स्थित है। इसमें कैल्सियम की प्राकृतिक चट्टान को सान्द्र गंधक के अम्ल से मि कैल्सियम सुपर फॉस्फेट मे बदल दिया जाता है। इसमें 9% फॉस्फोरस होता है।

इन सब रासायनिक उर्वरकों के अतिरिक्त कई अन्य नाइट्रेट, सल्फेट फॉस्फेट है जो द्व साथ वांछित अनुपात में खेतों में डाले जाते हैं। इस प्रकार मिश्रित उर्वरकों के वर्ग NK, NP NPK होते हैं।

इसी प्रकार रासायनिक पदार्थों का ज्ञान पेड़-पौधों एवं फलों को कीड़े-मकोड़ों से बच लिए कीटनाशक औषधियों के रूप में भी किया जाता है जिसके उदाहरण बैंजीन हैक्साक्लो (BHC), जिंक फॉस्फाइड (Zn_3P_2), कॉपर फॉस्फेट, बोरिक एसिड, बोरेक्स, आदि हैं।

इस प्रकार हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि रसायन शास्त्र का अध्ययन मनुष्य के बहुत ही लाभदायक सिद्ध हुआ है। कोटा मे भी यूरिया का कारखाना है।

पुनरावलोकन

विभिन्न प्रकार के रासायनिक परिवर्तन, अभिक्रियाओं के संकलित ज्ञान के आधार मनुष्य ने न केवल प्रकृति मे होने वाले रासायनिक रहस्य को ही समझा है बल्कि प्राकृतिक वस्तु से सुदृढ़ एवं अधिक उपयोगी वस्तुएँ बनाना भी सीख लिया है। इस प्रकार के उदाहरण—साबु कांच, सीमेंट, संश्लेषित रेशे, नायलोन, टेरीलीन, आरलान, डेक्रोन, रासायनिक उर्वरक, वार्निश, पे रंग, प्लैस्टिक, रेजिन आदि, आदि हैं।

कुछ प्राकृतिक वस्तुओं के गुणों मे रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा आंशिक रूप मे परिवर्त लाया जाता है (कपास से रेयोन, चूने से सीमेण्ट अथवा मॉर्टर, प्राकृतिक रबर से वल्कनित रब प्राकृतिक कांच से रंग बिरंगे कांच, आदि, आदि) पूर्ण रूप से सश्लेषित वस्तुएँ टेरीलीन, नायलॉन कृत्रिम रबर, रंग, कृत्रिम खाद, अतिचालक कांच, कांच की ऊन, द्रव, साबुन तथा अपमार्जक, आदि आदि। विश्व की रासायनिक औद्योगिक क्षेत्र मे प्रगति का एक मात्र कारण रसायनज्ञों द्वारा अ

से जटिल रासायनिक अभिक्रियाओं को समझकर उन पर नियंत्रण पाना है। राजस्थान में इस प्रकार की उद्योगशालाएं कोटा (नाइलोन, रेयोन, रासायनिक खाद, प्लैस्टिक, कॉस्टिक सोडा, सल्फ्यूरिक एसिड), सवाई माधोपुर, चित्तौड़ व लाखेरी (सीमेण्ट), उदयपुर (जस्ता, रासायनिक खाद, सल्फ्यूरिक एसिड) एवं जयपुर (आयुर्वेदिक औषधियां) शहरों में स्थित हैं। साबुन करीब करीब प्रत्येक परिवार में बनाया जाता है।

अध्ययन प्रश्न

1. प्राकृतिक रेशम एवं कपास के संश्लेषित रेशे नाइलोन व टेरीलीन के भौतिक व रासायनिक गुणों में तुलना करो। प्रत्येक रेशे की रासायनिक समीकरण भी लिखो।
2. अधिक लोहा व चूना मिलाने पर सीमेण्ट में कौनसे गुणों मे अंतर आ जाता है, इसमें होने वाली रासायनिक समीकरण लिखो।
3. भारी पानी में साबुन फेन क्यों नहीं देते हैं? रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर समझाओ।
4. सीमेण्ट के जमने की क्रिया में होने वाले रासायनिक अभिक्रियाएं लिखो।
5. जिप्सम से अमोनियम सल्फेट किस प्रकार बनाया जाता है? वर्णन करो।

रोचक क्रियाएं

1. विभिन्न प्रकार के तेलों की अलग-अलग मात्राएं लेकर साबुन तैयार करो तथा बाजार में मिलने वाले साबुन से गुणात्मक तुलना करो।
2. विस्कोस विधि द्वारा प्रयोगशाला में फिल्टर पत्रों की सहायता से रेयॉन बनाओ। अध्यापकजी की सहायता ले सकते हो।
3. अपनी कक्षा के अध्यापकजी को लेकर कोटा के सभी रासायनिक उद्योगों को देखने जाओ। उसमे होने वाली सभी रासायनिक क्रियाओं पर चर्चा करो।
4. रासायनिक खाद बनाने वाली उद्योगशाला के व्यवस्थापकों को लिखकर खाद के निर्माण तथा संगठन की जानकारी प्राप्त कर भित्ति पत्रिका पर लगाओ।
5. प्रयोगशाला मे स्याही, वार्निश, पेंट, साबुन, प्लैस्टिक, आदि बनाने की प्रयोजनाएं बनाओ।
6. सीमेण्ट के जमने की क्रिया का प्रयोगशाला मे कारकों का नियंत्रण कर अध्ययन करो।
7. प्रयोगशाला मे कम से कम पांच लवणों को समान मात्रा में मिलाकर पौधों की वृद्धि के लिए कुछ प्रयोग करो।

अभ्यास प्रश्न

1. वनस्पति तेल में उपस्थित ग्लिसरीन से कास्टिक सोडा की क्रिया कहलाती है :
   (अ) उदासीनीकरण।
   (ब) अवशोषण।
   (स) क्रिस्टलन।
   (द) आसवन।
   (य) साबुनीकरण। ( )

2. सीमेन्ट बनाने में निम्न पदार्थों की आवश्यकता होती है :
   (1) चूने का पत्थर।
   (2) विशेष मिट्टी जिसमें रेत होती है।
   (3) जिप्सम।
   (4) कास्टिक सोडा।
   (5) पोटैशियम नाइट्रेट।
   (6) मिश्रण का ताप लगभग 1400° से 1600° सें. ( )

   इनमें कौनसी विकल्पनाए सत्य हैं :
   (अ) सारे छह।
   (ब) केवल 5 के अतिरिक्त सारी।
   (स) केवल 4 व 5 के अतिरिक्त सारी।
   (द) केवल 1, 2, 5 व 6।
   (ई) कोई अन्य युग्म। ( )

3. काच बनाने में कौनसी क्रिया नहीं करते हैं ?
   (अ) आवश्यक पदार्थों का मिश्रण बनाना।
   (ब) पदार्थों के मिश्रण को विशेष प्रकार की भट्टियों में गर्म करके उबालना।
   (स) गर्म कांच को साचे अथवा फूंकनी से वर्तन, आदि बनाना।
   (द) गर्म वर्तन का तापानुशीतन करना।
   (इ) वर्तन को सावधानी से रखना। ( )

4. वस्त्र, आदि बनाने के लिए रेशों का उपयोग होता है जैसे—
   (1) रूई अथवा कपास
   (2) रेशम
   (3) रेयोन
   (4) नाइलोन
   (5) टेरीलीन

   इनमें से कृत्रिम रेशे कौनसे नहीं है
   (अ) 1, 2 व 3
   (ब) 1 व 2
   (स) 1 व 3
   (द) 4 व 5
   (इ) कोई और युग्म ( )

5. पौधों की वृद्धि के आधार पर रासायनिक उर्वरक तीन भागों में बांटे जा सकते हैं ?
   (1) पोटैशियम उर्वरक
   (2) कैल्शियम उर्वरक
   (3) नाइट्रोजन उर्वरक
   (4) फास्फोरस उर्वरक
   (5) सल्फर उर्वरक ( )

   इनमें से कौनसा युग्म सही है—
   (अ) 1, 2 व 3
   (ब) 1, 3 व 5
   (स) 2, 4 व 5
   (द) 1, 3 व 4
   (इ) 2, 3 व 5 ( )

[उत्तर—1 : (द) 2—(अ) 3—(इ) 4—(ब) 5—(द)]

रासायनिक तत्त्वों के परमाणु भारों* की तालिका

ऐक्टीनियम	...	सरबियम	167·26	पारा	200·59	समेरियम	150·35
एल्यूमीनियम	26·815	यूरोपियम	151·96	मोलिब्डेनम	95 94	स्कैण्डियम	44·956
अमेरीशियम	...	फरमियम	...	नियोडिमियम	144·24	सेलेनियम	78·96
एन्टीमनी	121·75	फ्लोरीन	18·9984	नियोन	20·183	सिलीकन	28·086
आरगन	39·948	क्रोमियम	...	नेप्चूनियम	...	चांदी	107·870
आर्सेनिक	74·9216	गैडोलिनियम	157·25	निकल	58·71	सोडियम	22·9898
एस्टैटीन	...	गैलियम	69·72	नायोबियम	92·9066	स्ट्रांशियम	87·62
बेरियम	137·34	जर्मेनियम	72·59	नाइट्रोजन	14·0067	गंधक	32·064
बर्केलियम	...	सोना	196·967	नोबेलियम		टैण्टेलम	180·548
बेरीलियम	9·0122	हैफनियम	178·49	ऑसमियम	196·2	टैक्नीशियम	...
बिस्मथ	208·980	हीलियम	4·0076	ऑक्सीजन	15·9994	टेल्यूरियम	127·60
बोरन	10·811	होलमियम	164·930	पैलेडियम	106·4	टरबियम	158·924
ब्रोमीन	79·909	हाइड्रोजन	1·00797	फॉस्फोरस	30·9739	गै	